

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ROGINALDO FRANCO SOARES

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA IDENTIFICAÇÃO DE
CAUSAS DE PATOLOGIAS DE FUNDAÇÕES UTILIZANDO METODOLOGIA DE
ÁRVORE DE FALHAS**

CASCADEL - PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ROGINALDO FRANCO SOARES

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA IDENTIFICAÇÃO DE
CAUSAS DE PATOLOGIAS DE FUNDAÇÕES UTILIZANDO METODOLOGIA DE
ÁRVORE DE FALHAS**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professor Orientador: Mestre Engenheiro Civil
Maycon André de Almeida**

CASCADEL - PR

2018

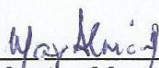
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

ROGINALDO FRANCO SOARES

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS DE
PATOLOGIAS DE FUNDAÇÕES UTILIZANDO METODOLOGIA DE ÁRVORE DE
FALHAS**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor Mestre Engenheiro Civil Maycon André de Almeida.

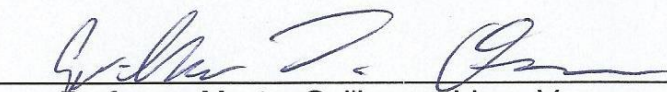
BANCA EXAMINADORA



Orientador Professor Mestre Maycon André de Almeida
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil



Professor Mestre Elenilton Jairo Dezengrini
Centro Universitário Assis Gurgacz
Análise e Desenvolvimento de Sistemas



Professor Mestre Guilherme Irineu Venson
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Engenheiro Civil

Cascavel, 06 de dezembro de 2018.

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha família, esposa, a minha filha, pais, irmão que frente a um novo desafio de uma nova graduação, apoiaram-me de forma incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso de graduação.

Agradeço de coração a todos que tornaram esta caminhada menos dolorosa. Primeiramente a minha esposa Edejane, pela companhia durante todo o percurso. Durante a graduação tivemos uma filha linda, a qual demos o nome de Sophia e mesmo não podendo estar presente sempre me apoiou. Os meus mais sinceros agradecimentos pelo amor e companheirismo.

Agradeço aos professores do curso de Engenharia Civil da FAG pelo conhecimento agregado durante a graduação, em especial ao orientador deste trabalho, professor Mestre Engenheiro Civil Maycon André de Almeida, por transmitir além de conhecimento, inspiração profissional para todos seus alunos.

Aos amigos que a vida nos coloca no caminho, que tornam sempre a jornada menos difícil e mais empolgante.

EPÍGRAFE

“Aquilo que não se pode medir, não se pode melhorar”

Willian Thomson

RESUMO

É notório que a fundação, de acordo com a bibliografia existente, influencia diretamente no desempenho de uma edificação. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um *software* acadêmico para ajudar na tomada de decisão, quanto a identificação mecanismos deflagradores de patologias em fundações, utilizando-se a análise através da árvore de falhas. Com isso tendo como base a árvore de falhas de patologias em fundações, nas fases de projeto, execução da fundação e eventos pós-conclusão de obras foram estabelecidas perguntas para cada fase. Identificando através da análise as prováveis causas e possíveis reparos quando a estrutura assim permitir. A partir do embasamento teórico, foi possível estruturar o *software*, estabelecendo as principais regras que ele deveria seguir para gerar os resultados de forma correta. O *software* foi desenvolvido em linguagem *Object Pascal* com a ferramenta de desenvolvimento Delphi XE10 e foram utilizados dois casos para analisar os resultados gerados. Os resultados obtidos foram condizentes com a teoria. Ao final do trabalho concluiu-se que o *software* ajuda efetivamente o profissional na produtividade de análise de informações das patologias de fundações, além de ser também ferramenta de aprendizado por parte da comunidade acadêmica.

Palavras chave: fundações, árvore de falhas, patologias, *software*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arranjos estruturais de solo colapsível	19
Figura 2 - Esquema de ensaio SPT	21
Figura 3 - Índice de manifestações patológicas em relação ao tipo de fundação executada...	22
Figura 4 – Fissura característica de recalque diferencial.....	23
Figura 5 - Intersecção dos bulbos de tensões de duas edificações vizinhas	24
Figura 6 - Distribuição das manifestações patológicas verificadas nas edificações vizinhas às construções	24
Figura 7 - Fissuras em parede do tipo homogênea e não homogênea	26
Figura 8 - Prováveis fissuras em estrutura de concreto	26
Figura 9 - Deformação côncava de uma parede em alvenaria estrutural	27
Figura 10 - Fissura em arco parede homogênea abaixamento no trecho central da edificação.	27
Figura 11 – Possível fissuramento assente sobre solo heterogêneo	28
Figura 12 - Identificação de fissuras – Causas patológicas de fundações	29
Figura 13 – Árvore de falhas.	30
Figura 14 - Árvore de falhas de patologias em fundações – Fase de Projeto.....	32
Figura 15 - Árvore de falhas de patologias em fundações – Fase execução da fundação.....	33
Figura 16 - Árvore de falhas de patologias em fundações – Fase eventos pós-conclusão de obras.	35
Figura 17 – Ambiente de desenvolvimento Delphi XE.....	36
Figura 18 - Arvore de Falhas.....	39
Figura 19 - Estrutura do banco de dados AIHPOS	40
Figura 20 – Diagrama de Entidade Relacional.....	40
Figura 21 - Tabelas de dados.....	41
Figura 22 - Algoritmo principal requisições Servidor Rest.....	43
Figura 23 - Algoritmo de transformação de rest para tabela	44
Figura 24 - Informação uso botão gravar	44
Figura 25 - Tela principal do sistema - <i>Desktop</i>	45
Figura 26 - Formulário padrão de cadastro	46
Figura 27 - Cadastro Pesquisas	47
Figura 28 - Investigação	48
Figura 29 - Perguntas ramos árvore de falhas	49

Figura 30 - Relatório investigação árvore de falhas.....	50
Figura 31 - Relatório Investigações Patologias	51
Figura 32 - Bloco de fundação com padrão de fissuração típico de RAA	52
Figura 33 - Relatório de Investigação Obra X	54
Figura 34 - Estrangulamento de Fuste.....	55
Figura 35 - Relatório Investigação Obra Y	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados Obra X.....	53
Tabela 2 – Resultados da Obra Y	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

AAF – Análise Árvore de Falhas

IDE – Integrated Development Environment

SPT – Standard Penetration Test

CPT – Cone Penetration Test

Nspt – Índice de resistência do solo

SGDB – Sistema Gerenciador de banco de dados

RAA – Reação Álcali Agregado

API - Application Programming Interface

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	14
1.1 INTRODUÇÃO	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	16
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	16
CAPÍTULO 2	17
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1.1 Caracterização do Solo	17
2.1.2 A Influência Hidrostática	18
2.1.3 Solos Colapsíveis	19
2.2 PATOLOGIAS EM FUNDAÇÕES	20
2.2.1 Investigações Geotécnicas	20
2.2.2 Projeto de Fundações	22
2.2.3 Execução de Fundações	22
2.3 CARACTERÍSTICAS DE FISSURAS	25
2.4 TABELA DE IDENTIFICAÇÃO DE FISSURAS	28
2.5 ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHAS	30
2.6 ÁRVORE DE FALHAS DE PATOLOGIAS EM FUNDAÇÕES	31
2.7 DESENVOLVIMENTO E LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO	36
2.8 AGILIDADE NO PROCESSO COM APLICAÇÃO DE SOFTWARE	37
CAPÍTULO 3	38
3.1 METODOLOGIA	38
3.1.1 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados	38
3.1.2 Análise dos dados	38
3.1.2 Método executivo	39
3.1.3 Concepção do sistema	42
3.1.4 Lógica e algoritmos	42
3.1.5 Interface do <i>software</i>	44
CAPÍTULO 4	47

4.1	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.2	APLICAÇÃO DO <i>SOFTWARE</i>	52
4.2.1	Obra X.....	52
4.2.2	Obra Y	54
CAPÍTULO 5		57
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
CAPÍTULO 6		58
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	58
REFERÊNCIAS		59
APÊNDICES		61

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

A urbanização de diversas áreas, com os mais variados tipos de solos, aliada aos novos tipos de processos construtivos e a proximidade das edificações buscando suprir a necessidade de moradia, originam um grande volume de variáveis que mudam de cenário a cenário. Transformar esses dados em informações se configura como uma necessidade contínua para o melhor aproveitamento das soluções construtivas adotadas.

A constante evolução no crescimento do setor da construção civil traz uma necessidade de levantamento de informações de patologias, visando o auxílio na tomada de decisão, aliado a uma contínua crescente demanda de novas edificações, que ocasionam execuções inadequadas das mesmas, necessitando de análises cada vez mais eficientes e criteriosas.

A grande maioria dos problemas relacionados às patologias em fundações decorre da falta de análise geológica adequada, onde a tentativa de diminuir custos, tornar as edificações mais lucrativas colaboram diretamente com esses eventos. Segundo Aves (2009), um total de 37,50 % das patologias em edificações no estado de Goiás foram causadas por problemas nas fundações, essa pesquisa caracterizou essas patologias em nível de gravidade, onde a gravidade alta compreende 6,67%, baixa gravidade 66,67% e moderada gravidade 26,67%.

Visando minimizar os problemas em obras, para o desenvolvimento de um projeto de fundações, os elementos necessários a serem observados e, conseqüentemente, a apuração adequada do sistema de execução, dados geológico-geotécnico, a topografia da área, dados estruturais e dados sobre edificações existentes próximas. Entretanto, fatores econômicos e disponibilidade também podem ser determinantes para o projeto (HACHICH *et al* 1998).

Como exposto acima, este trabalho visa contribuir na análise de identificação de patologias orientadas na árvore de falhas, automatizando o processo de análise através do *software* e auxiliando na tomada de decisão nas fundações.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um *software* de cunho acadêmico na linguagem de programação Pascal com IDE Delphi XE, para a identificação de mecanismo deflagrador de patologia orientadas na árvore de falhas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Aplicar a árvore de falhas de fundações para desenvolvimento de *software*;
- Desenvolver interface para entrada de dados e verificações;
- Submeter o *software* a testes sistemáticos de validações.

1.3 JUSTIFICATIVA

Quando existe a necessidade da identificação rápida de patologias em obras, é difícil identificar se são relacionadas às fundações ou outros processos construtivos, o que retarda a descoberta de quais são as possíveis causas e soluções prováveis para que seja resolvido o problema. Contudo, quando em obra não se observa a fundação com um caráter de extrema importância, considerando as fases de projeto e a investigação geotécnica, pode incorrer a altos custos de reparos e/ou a reestruturação.

Há falta de *softwares* que sejam específicos e que propiciem uma análise segura e rápida das informações relacionadas aos eventos de patologias em fundações, como sugerido por Wiebbelling (2014). O desenvolvimento desse *software* poderá tornar a análise das patologias mais dinâmica e propiciará uma pré-avaliação rápida com maior eficiência.

A análise proveniente do uso do *software* auxiliará na identificação dos tipos de patologias contidos na árvore de falha patológica em fundações, de forma sistematizada, com agilidade e caracterizando os tipos possíveis de problemas encontrados, auxiliando o profissional e fornecendo subsídios de informações.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual a efetividade de um *software* que objetiva auxiliar na definição do mecanismo deflagrador da patologia bem como aplicabilidade?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

A aplicação de um *software*, para definição do mecanismo deflagrador da patologia e que leva em consideração as diversas variáveis envolvidas, possivelmente auxiliará efetivamente na produtividade de análise de informações das patologias de fundações.

De acordo com Girardello (2017), a fácil usabilidade e a grande gama de informações a respeito de fundações contidas no *software*, auxilia o profissional de forma dinâmica na avaliação e a tomada de decisão.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa busca aplicar a árvore de falhas de identificação das patologias de fundações, criada por Wiebbelling (2014), identificando qual mecanismo deflagrou essa patologia. Ao término do desenvolvimento do *software*, serão aplicadas situações práticas de casos envolvendo patologias em fundações. Contudo, mesmo validado em solo local, a aplicação desse sistema poderá ocorrer em todo território nacional.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Caracterização do Solo

A composição específica distinta de cada solo, assim como ações que provoquem sua perda e/ou redução de resistência perante uma carga, não permitem traçar um padrão de comportamento único. Desse modo, em cada caso de projeto de fundação, é necessário que o solo seja estudado para assim conseguir obter previsão de comportamento (VELLOSO e LOPES, 1998).

Segundo Filho (1997), os solos são compostos por partículas de diversos tamanhos, levando em consideração as proporções de areia, silte e argila para a identificação de cada caso, e ainda considera que, para tanto, sejam feitos ensaios necessários para a determinação das características dos solos, pois a classificação natural deles pode fornecer muitas indicações relativas a seu comportamento e propriedades.

A fundação é descrita como sendo a interação do solo com sua estrutura de fundação, desse modo uma estrutura de fundação é o elemento que é responsável pela transmissão das cargas das edificações para o solo. A engenharia de fundações tem por objetivo analisar o comportamento das fundações e sua integração com o solo e interpretar suas condições. Cada solicitação de carga de uma estrutura tem um comportamento único (VELLOSO e LOPES, 1998).

O nível de deformação do solo está ligado a quatro índices físicos: módulo de elasticidade, módulo de elasticidade volumétrico, módulo edométrico e módulo de cisalhamento. Para obtenção desses valores são feitos ensaios laboratoriais, os quais determinam características importantes para um projeto de fundações para sua elaboração (VELLOSO e LOPES, 1998).

Segundo Maciel Filho (1997), a plasticidade é um dos índices que também influenciam o comportamento do solo e classifica os solos como líquidos, plásticos, semissólidos e sólidos. Em seu estado natural, essa classificação varia de acordo com os teores de água e umidade presentes no solo.

O índice de vazios está ligado à permeabilidade, que influencia o grau de saturação de acordo com o tamanho das partículas, promovendo rearranjo, podendo causar colapso,

como define Barden et al. (1973). Logo, a variação de umidade em suas camadas influencia diretamente o comportamento dos solos.

Maciel Filho (1997) define o grau de saturação como sendo uma proporção da umidade natural na qual o solo se encontra em relação à saturação máxima desse solo. Ainda o classifica como naturalmente seco, úmido, muito úmido, altamente saturado e saturado.

O adensamento do solo é caracterizado pela dissipação das pressões neutras e as deformações correspondentes. A velocidade desse fenômeno está relacionada à permeabilidade no sentido horizontal, à característica não unidimensional do adensamento e à interferência de lentes de areia nos depósitos sedimentares, proveniente do intemperismo químico físico (VELLOSO e LOPES, 1998).

Os tipos de fundações mais suscetíveis aos efeitos do adensamento de solos colapsíveis são as fundações superficiais, e ainda os tubulões e estacas. Fazendo ensaios e identificando adequadamente o solo, os três tipos podem ser empregados quando devidamente dimensionados. Além disso, segundo os autores, as variações de umidade do solo devem ser monitoradas (MILITITSKY et al., 2005).

Em aterros a probabilidade de adensamento da estrutura é grande devido a sua origem não natural, criado pelo homem. Geralmente, composto por diversos tipos de materiais de composição com alta heterogeneidade, que muitas vezes não proporcionam a segurança e a estabilidade necessárias para o suporte de fundações.

De acordo com Velloso e Lopes, (1998) uma vez que, ainda que superficialmente aparentem ser devidamente compactados, pode haver camadas no subsolo colapsível, de comportamento imprevisível. As camadas podem conter materiais orgânicos que, quando submetidos às cargas das estruturas, sofrem grandes deformações. Contudo, quando esses aterros forem executados com acompanhamento técnico e o devido controle, podem suprir as necessidades de suporte das fundações.

2.1.2 A Influência Hidrostática

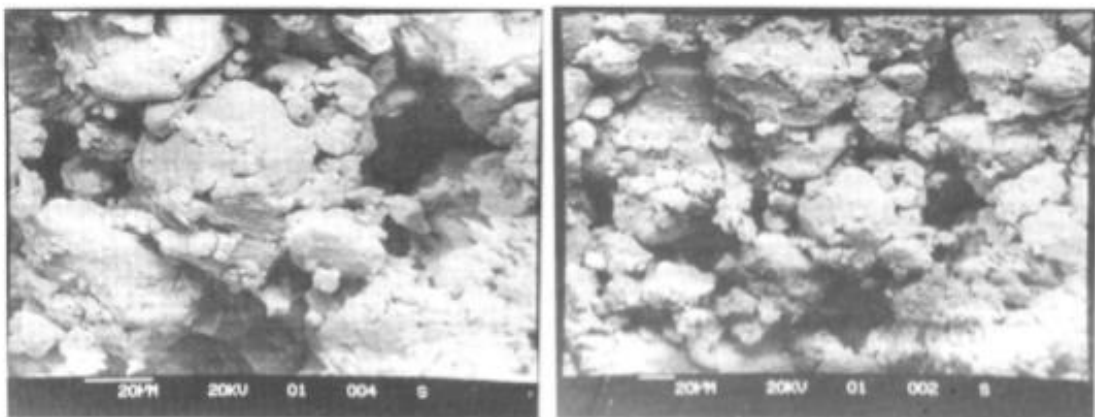
Segundo Millititsky et al. (2005), as altas variações no grau de saturação são mais nítidas nos solos colapsíveis, essa característica está ligada diretamente a grandes variações de umidade que podem ser provenientes de intempéries naturais, variações sazonais do nível dos lençóis freáticos, regime de chuvas e presença de vegetação. Também podem originar-se de vazamentos, reservatórios de águas, piscinas e/ou falta de galerias coletoras de águas pluviais.

Em depósitos naturais, é comum no solo que suas camadas se distribuam com diferentes granulométricas, o que fará com que seja gerado diferentes tensões, verticais e horizontais, pelo seu próprio peso. Quando houver presença de nível d'água, o solo pode sofrer uma variação volumétrica causada por percolação da umidade e pelo vazio do mesmo. Com o aumento das tensões verticais ocorre o recalque, que provoca redução do número de vazios no solo pela expulsão da água, podendo causar o desaprumo da edificação causando patologias (Hachich *et al.*, 1998).

2.1.3 Solos Colapsíveis

Em estudos de solo constituídos por sedimentos areno-argilosos, Mendonça e Mahler (1994) observaram através de eletromicrografias na estrutura do solo uma tecedura em que as partículas maiores não se conectam diretamente, mas por meio de partículas menores, como silte e argila, formando uma estrutura com altos índices de vazios. A Figura 1 apresenta arranjos estruturais de solo colapsível.

Figura 1 - Arranjos estruturais de solo colapsível



Fonte: Mendonça e Mahler (1994)

A deformabilidade do solo é cerca de cem vezes maior do que a da água. Por isso, o carregamento da estrutura é suportado inicialmente pela água existente no solo, que passa a ser expulsa dos vazios e a transferir gradualmente essa carga aos grãos do solo. Já o aumento das tensões horizontais pode ou não afetar a estrutura do solo, sendo mais ligada aos efeitos

de empuxo e à cavitação, quando a água tende a subir à superfície por capilaridade ou é absorvida pelas pedras porosas e pelas camadas drenantes. Contudo, a pressão neutra da água existente em capilaridades influencia diretamente a estabilidade do solo, pois tem sua tensão efetiva alterada (VELLOSO e LOPES, 1998).

2.2 PATOLOGIAS EM FUNDAÇÕES

De acordo com Millititsky *et al.* (2005), as fases principais em que há a ocorrência ou a origem de patologias em fundações são as fases de caracterização do comportamento do solo, análise e projeto, execução, eventos pós-conclusão das obras e degradação dos materiais constituintes das fundações.

2.2.1 Investigações Geotécnicas

Normalizada pela ABNT NBR 6122:(1996) e ABNT NBR 8036:(1983), as investigações geotécnicas do subsolo determinam um número mínimo de furos de sondagens, que deve ter bom senso dos profissionais da engenharia. Ainda, levam em conta que a maioria dos casos onde a fundação não alcança o desempenho esperado pode acontecer falhas por interpretação inadequada dos dados investigados.

O ensaio de simples reconhecimento (SPT) é um dos mais usados como a base para investigações geotécnicas no Brasil, tendo como outros complementares o ensaio de cone (CPT), piezocone, pressiómetro, palheta e sísmico superficial e os ensaios laboratoriais envolvendo o adensamento, triaxiais, cisalhamento direto, entre outros. Quando não há investigações geotécnicas não se identifica prováveis raízes, vegetações que possam vir a prejudicar a fundação, provocar danos físicos, alterar umidade do subsolo, podendo incorrer também recalque e adensamento (MILITITSKY *et al.*, 2005).

2.2.1.1 Ensaio de Simples Reconhecimento (SPT)

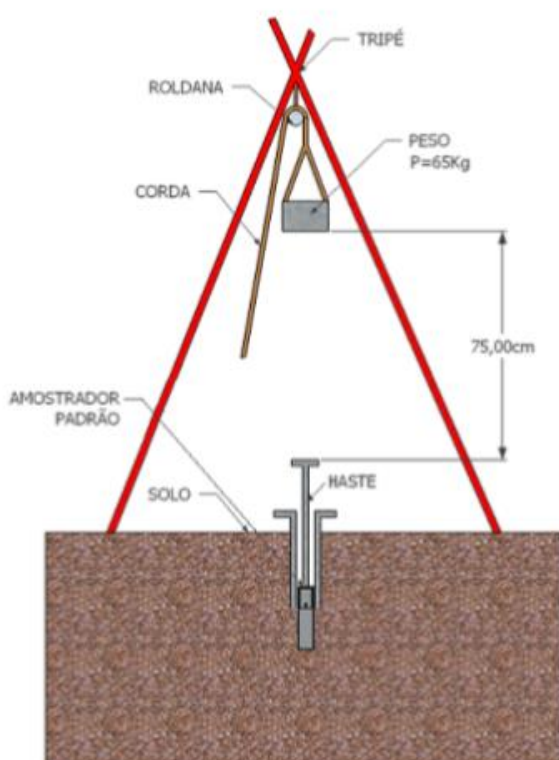
O *Standart Penetration Test* (SPT) é a abreviatura do nome do ensaio pelo qual se determina o índice de resistência à penetração (N), normatizado pela ABNT NBR

6484:(2001), onde são coletadas amostras de solos a cada metro de penetração, que é feita por um amostrador-padrão de diâmetro externo de 50 mm.

A realização do ensaio consiste na cravação do amostrador no fundo de uma escavação, revestida ou não, feita por um peso de 65 kg, lançado a uma altura de 75 cm. O número de golpes necessário para penetrar os últimos 30 cm do amostrador no solo, após uma cravação inicial de 15 cm, representa o valor do N_{spt} , que é um índice de resistência do solo, obtido de metro a metro conforme a cravação do amostrador padrão (SCHNAIDER, 2000).

A simplicidade do equipamento, o custo para realização do ensaio para obtenção dos valores de resistência do solo N_{spt} e a disponibilidade são as principais vantagens desse tipo de ensaio. Contudo, o operador pode exercer grande influência sobre os resultados devido à perda de eficiência, acarretando em N maiores ou menores e, com isso, influenciar nos projetos que serão realizados na sequência. A Figura 2 criada por Wiebbelling (2014) traz uma representação do esquema de montagem do equipamento utilizado na realização do Ensaio de Simples Reconhecimento (SPT).

Figura 2 - Esquema de ensaio SPT



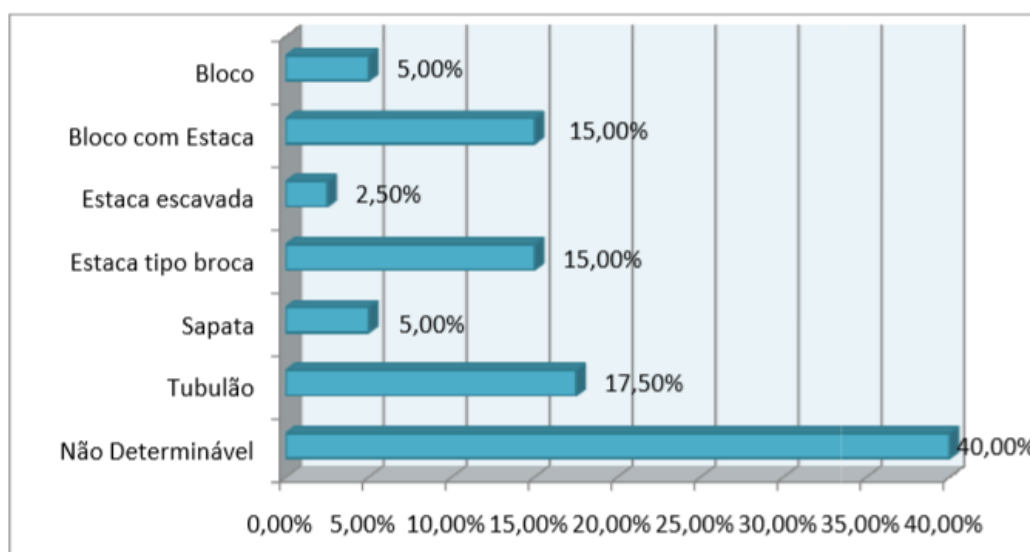
Fonte: Wiebbelling (2014)

2.2.2 Projeto de Fundações

Os erros decorrentes das fases de projeto, segundo MILITITSKY et al. (2005), podem se dar pela má interpretação dos dados de sondagem, má interpretação das cargas de projeto, dimensionamento para a carga total da edificação, desconsiderando as especificidades de pontos particulares, alterações das cargas sem o conhecimento do projetista de fundações e, principalmente, pela escolha de tipo de fundação com desempenho insuficiente para a situação.

Segundo Alves (2009), em sua pesquisa, em 40% dos casos analisados não foi possível determinar o tipo de fundação utilizada, devido à falta de informação deve ser elaborado um projeto de fundação. A Figura 3 mostra os índices encontrados de patologias em relação ao tipo de fundação executada.

Figura 3 - Índice de manifestações patológicas em relação ao tipo de fundação executada



Fonte: Alves(2009).

2.2.3 Execução de Fundações

A instabilidade do solo aliados a erros provocados por mão de obra ineficiente, bem como a falta de acompanhamento do responsável técnico da obra, colaboram para o surgimento de patologias na fase de execução das fundações. Ainda, a inexistência de equipamentos apropriados para o tipo de fundação projetado e o incorreto manejo desses no local onde a obra será executada contribuem para o surgimento de patologias (MILITITSKY et al., 2005).

2.2.4 Pós-Conclusão

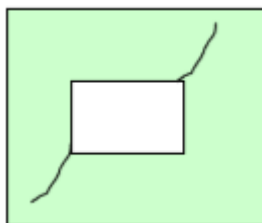
Segundo Milititsky (2005), existem casos em que ao final da construção a fundação apresenta comportamento adequado, mas por causa de eventos pós-conclusão sofre alteração de estabilidade e segurança. Alguns itens a seguir explicitados podem ter sua ocorrência prevista e permitem a adoção de medidas preventivas ainda durante a fase de projeto. Ainda, pode haver a alteração de cargas de utilização imprevistas em projetos a partir da mudança de destinação de uso do imóvel, que contribuem para o surgimento de patologia na fundação.

2.2.4.1 Recalque

Segundo Maciel Filho (1997), recalques são movimentos verticais de uma estrutura provocados pelo peso próprio ou pela deformação do subsolo por outro agente. Ainda, o principal problema causado por esse fenômeno não é o rebaixamento da edificação propriamente dito, mas as tensões de flexão que são geradas sobre a estrutura pelo desaprumo em função deste recalque. A Figura 4 criada por Milititsky (2005), ilustra dano em estrutura de prédio vizinho a grande escavação, quando ocorre deslocamento significativo da massa de solo e recalques das fundações.

Segundo Alves (2009), em caso de uma alvenaria com boa aderência entre a argamassa e o bloco cerâmico, frente a um recalque diferencial, a fissura será semelhante à da Figura 4.

Figura 4 – Fissura característica de recalque diferencial

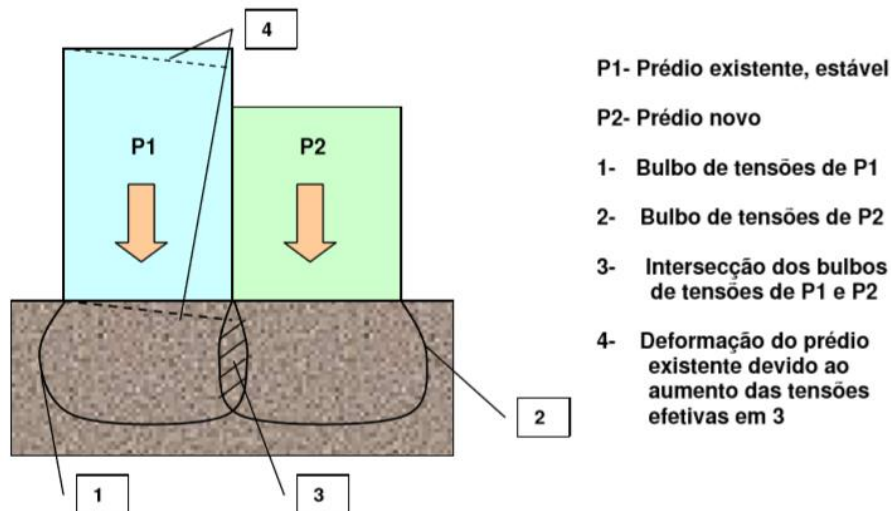


Fonte: Alves (2009).

2.2.4.2. Influência de Obras Vizinhas

Segundo Caputo (1989), a superposição dos campos ou bulbos de pressão é causa de recalques, bastando a intersecção dos bulbos de transmissão de tensões ao solo pelas fundações dos prédios vizinhos. A Figura 5 ilustra intersecção dos bulbos de tensões de duas edificações vizinhas.

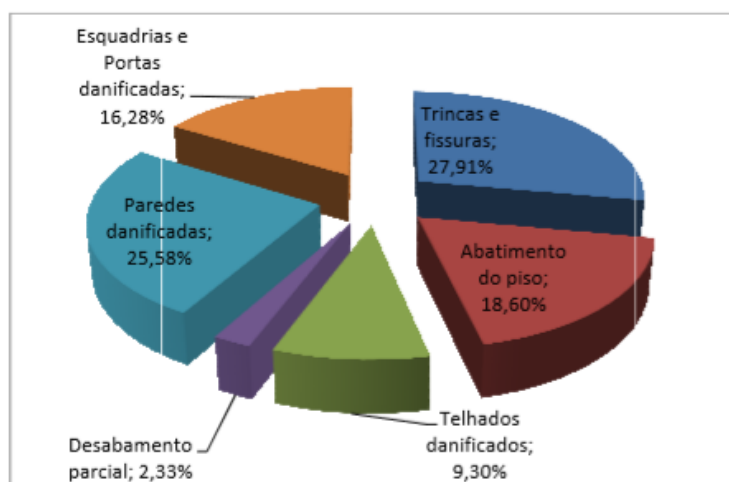
Figura 5 - Intersecção dos bulbos de tensões de duas edificações vizinhas



Fonte: CSTC(1983) apud SILVA(1993).

Alves (2009) determinou em seus resultados das manifestações patológicas verificadas que 2,33% é desabamento, 9,30% telhados danificados, 16,28% esquadrias e portas danificadas, 18,60 abatimentos do piso, trincas e fissuras 27,91%. A Figura 6 ilustra graficamente os resultados obtidos.

Figura 6 - Distribuição das manifestações patológicas verificadas nas edificações vizinhas às construções



Fonte: Alves (2009).

2.2.4.3. Degradação dos Materiais

Existem vários fatores que podem interferir no processo de degradação, destacando-se, segundo SILVA (1993), a permeabilidade do concreto à água e aos gases, o grau de carbonatação, a composição química do aço, o estado de fissuração da peça e características ambientais como umidade, temperatura e presença de agentes agressivos ao material.

As características do material, o meio onde ele se encontra e os agentes que o rodeiam, determinam sua degradação, e ainda, o ambiente pelo teor de umidade de cada lugar (SILVA, 1993).

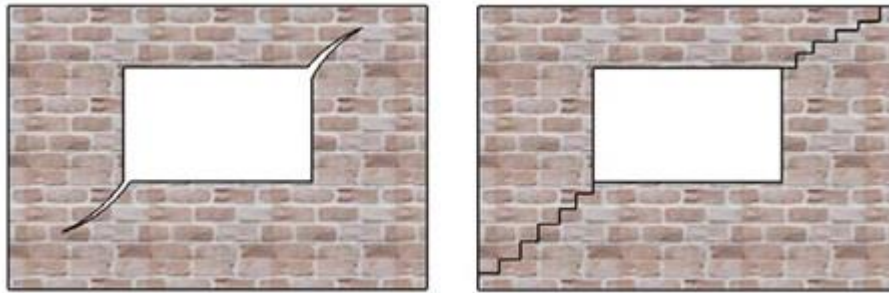
2.3 CARACTERÍSTICAS DE FISSURAS

As fissuras surgem como consequências dos casos onde as tensões causadas pela movimentação das fundações superam a resistência dos componentes do elemento edificado, ou a resistência de união entre eles, fazendo com que trabalhem de formas distintas e rompendo camadas de aderência. Ainda, o desaprumo corresponde ao caso contrário, quando a estrutura trabalha de maneira homogênea, e devido a maior esbeltez, sofre o deslocamento de seu centro de gravidade na existência de tensões superiores às previstas (SILVA, 1993).

A ABNT NBR 6118:2014 define que as fissuras são consideradas agressivas quando sua abertura na superfície construída ultrapassa valores como 0,2 mm para peças expostas em meio agressivo muito forte (industrial e respingos de maré), 0,3 mm para peças expostas a meio agressivo moderado e forte (urbano, marinho e industrial), 0,4 mm para peças expostas em meio agressivo fraco (rural e submerso).

A homogeneidade do elemento da edificação também influenciará a forma das fissuras, a intensidade da aderência entre o bloco e a argamassa influencia diretamente a linha de ruptura, nos elementos de vedação. Ainda, em elementos de concreto armado, e edificações com componente bem executados há semelhança entre a linha de ruptura, nos casos com aderência reduzida, a linha segue a camada com resistência menor (SILVA, 1993). A Figura 7 mostra fissuras em parede do tipo homogênea e não homogênea da edificação.

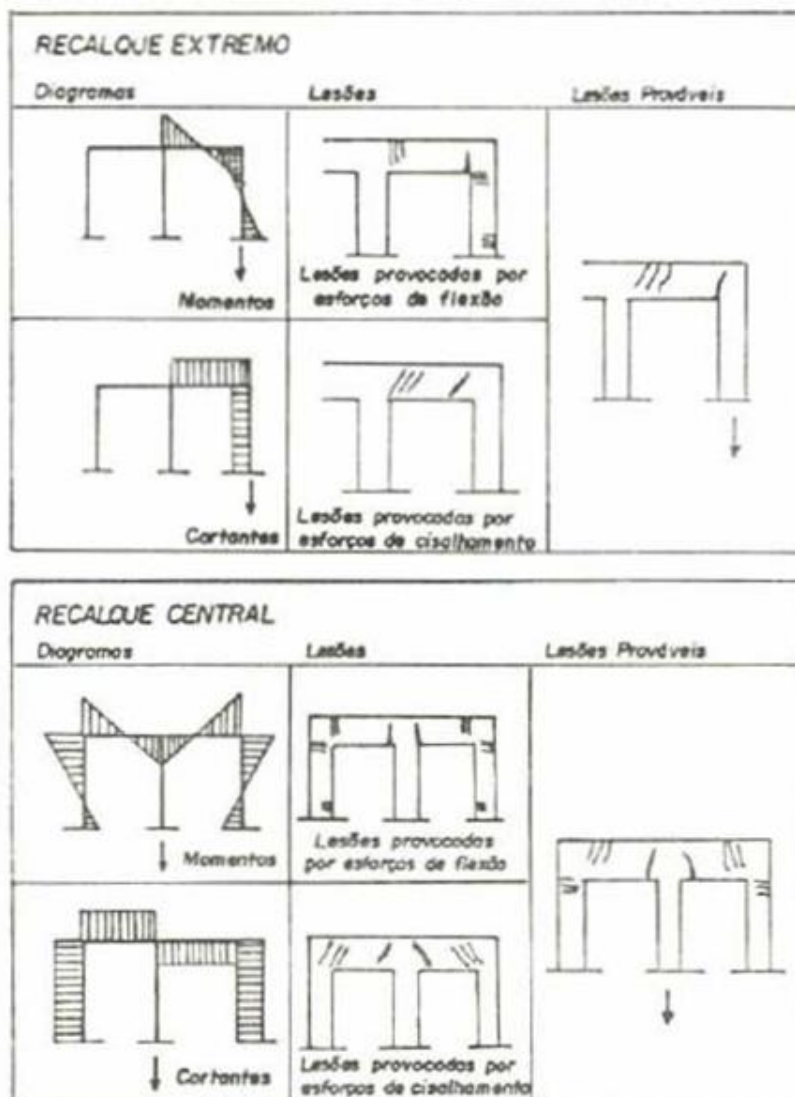
Figura 7 - Fissuras em parede do tipo homogênea e não homogênea



Fonte: Wiebbelling, 2014 apud SILVA, 1993

A Figura 8 representa um esquema entre os esforços cortantes e momentos fletores, e suas respectivas reações em uma estrutura de concreto.

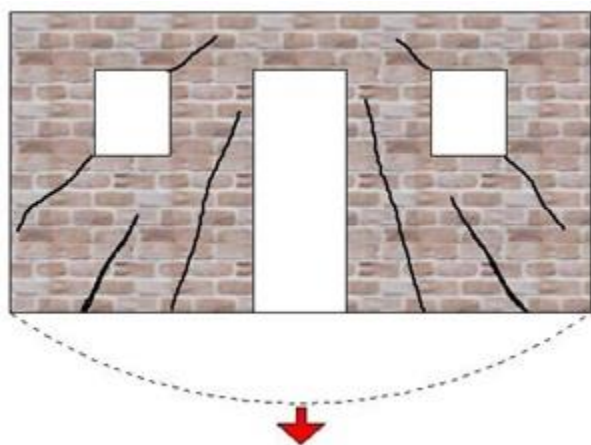
Figura 8 - Prováveis fissuras em estrutura de concreto



Fonte: MAÑA, 1978, apud SILVA, 1993

De acordo com SILVA (1993), em alvenaria estrutural, as fissuras terão 3 (três) configurações básicas, que dependerão diretamente da distribuição do assentamento do solo. A Figura 9 mostra a primeira forma, a deformação côncava de uma parede em alvenaria estrutural.

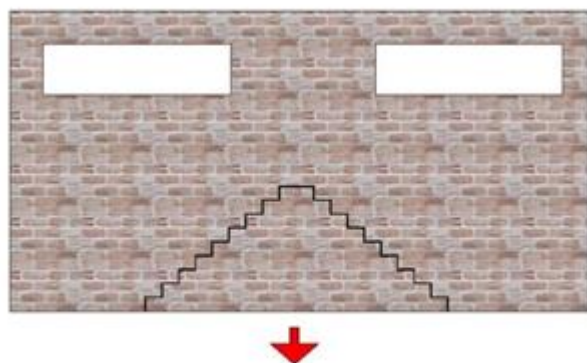
Figura 9 - Deformação côncava de uma parede em alvenaria estrutural



Fonte: Wiebbelling, 2014 apud SILVA, 1993

A Figura 10 mostra a segunda forma, Fissura em arco parede homogênea abaixamento no trecho central da edificação.

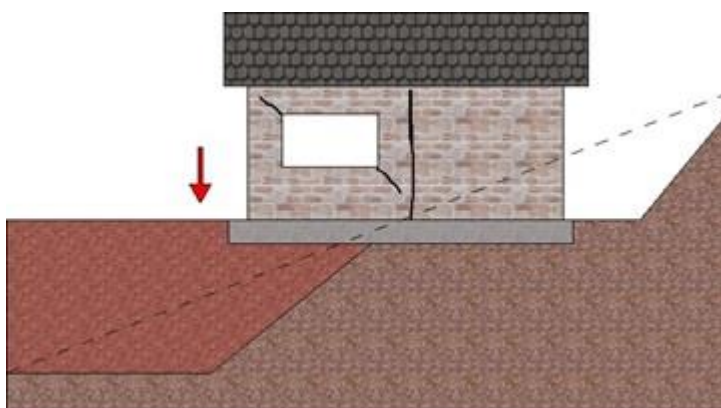
Figura 10 - Fissura em arco parede homogênea abaixamento no trecho central da edificação.



Fonte: Wiebbelling, 2014 apud SILVA, 1993

A Figura 11 mostra a terceira forma, possível fissuramento no assente sobre solo heterogêneo.

Figura 11 – Possível fissuramento assente sobre solo heterogêneo

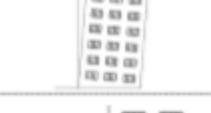


Fonte: Wiebbelling, 2014 apud SILVA, 1993

2.4 TABELA DE IDENTIFICAÇÃO DE FISSURAS

De acordo com Wiebbelling (2014), a Figura 12 representa a tabela de identificação das prováveis fissuras que tenham relação com patologias de fundações. Tendo identificado o tipo de fissura, pode-se analisá-las através do método de árvore de falhas de patologias em fundações.

Figura 12 - Identificação de fissuras – Causas patológicas de fundações

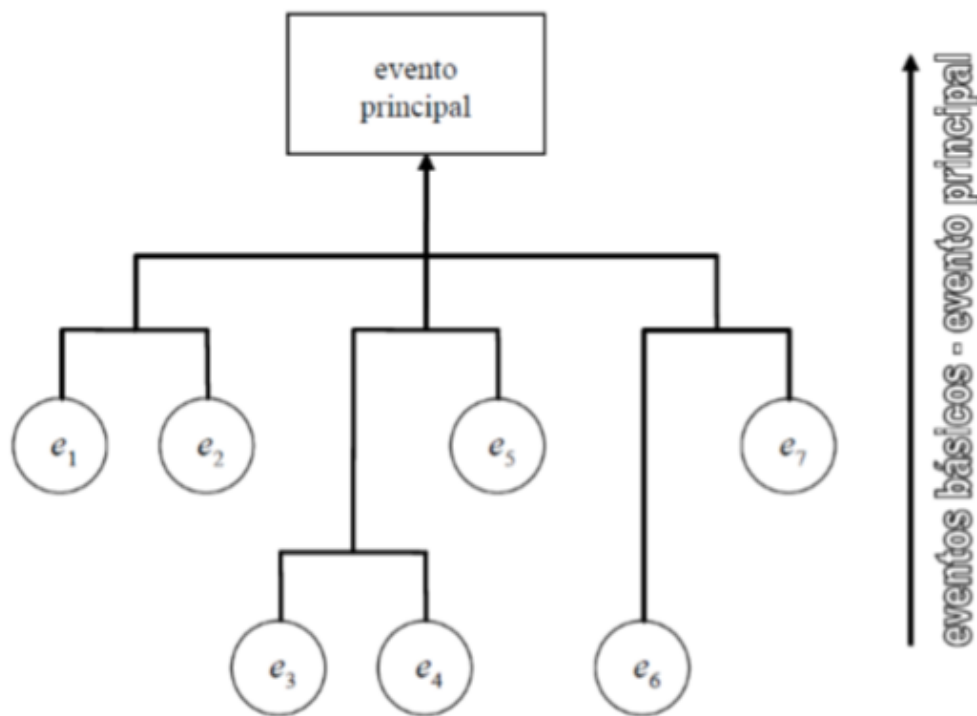
Tipo de Fissura	Inclinação	Causa
	45°	- Fissura por recalque do pilar no ponto A.
	45°	- Fissura em abertura por recalque do pilar no ponto A.
	45°	- Fissura em abertura por recalque do pilar no ponto A.
	45°	- Fissura por recalque do pilar no ponto A.
	45° a 90°	- Fissura geral em parede de alvenaria estrutural, por recalque no centro do vão.
	Arco	- Fissura em arco em parede de alvenaria estrutural, por recalque no centro do vão.
	45° a 90°	- Fissura geral em parede de alvenaria estrutural, por recalque nas laterais do vão.
	45°	- Fissura de canto em laje, devido ao recalque do pilar no ponto A.
	45° e 90°	- Fissura em abertura e no ponto de encontro entre solo aterrado e compactado, em edificação de alvenaria estrutural. A edificação cede no ponto A.
	45°	- Fissura geral em edificação de alvenaria estrutural, por recalque no ponto A.
	Variável	- Desaprumo da edificação por recalque diferencial.
	Variável	- Fissura entre edificações de diferentes portes, por falta de junta de trabalho ou compartilhamento de viga baldrame.

Fonte: Wiebbelling (2014).

2.5 ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHAS

Segundo Beck (2012), uma árvore de falhas consiste em uma estratificação de evento principal em eventos básicos que se relacionam com o objeto da análise. Essa estratificação ilustrada na Figura 13 acontece até que seja conhecida a probabilidade de os eventos básicos acontecerem, sendo possível assim chegar à origem do problema pesquisado. Dessa forma, torna se possível fazer a combinação de incidentes que poderiam passar despercebidos, deixando de serem analisados.

Figura 13 – Árvore de falhas.



Fonte: Beck (2012).

As fases ligadas na árvore de falha originadas de ramos de onde os conteúdos nas extremidades dão origem ao dado principal, esse pode ter relação com erros ocasionados por equipamentos e ou pessoas. Em fundações os eventos são relacionados às fases de projeto, execução de fundações e eventos pós-conclusão de obras. Milititsky (2005) estabelece como as principais fases onde há o surgimento dessas patologias, como anteriormente fundamentadas.

Segundo Beck (2012), a ordem que acontecem os eventos, revela o caminho crítico, que leva a uma provável causa do surgimento da patologia. Esse caminho crítico analisado

pode permitir uma possível correção e a minimização desses eventos em função das mesmas causas. Contudo, a árvore de falhas em fundações com suas características não apontam todas as possibilidades em que o sistema possa incorrer em erro. Ele ainda destaca que, há nesse método de análise a independência entre eventos acontecidos.

2.6 ÁRVORE DE FALHAS DE PATOLOGIAS EM FUNDAÇÕES

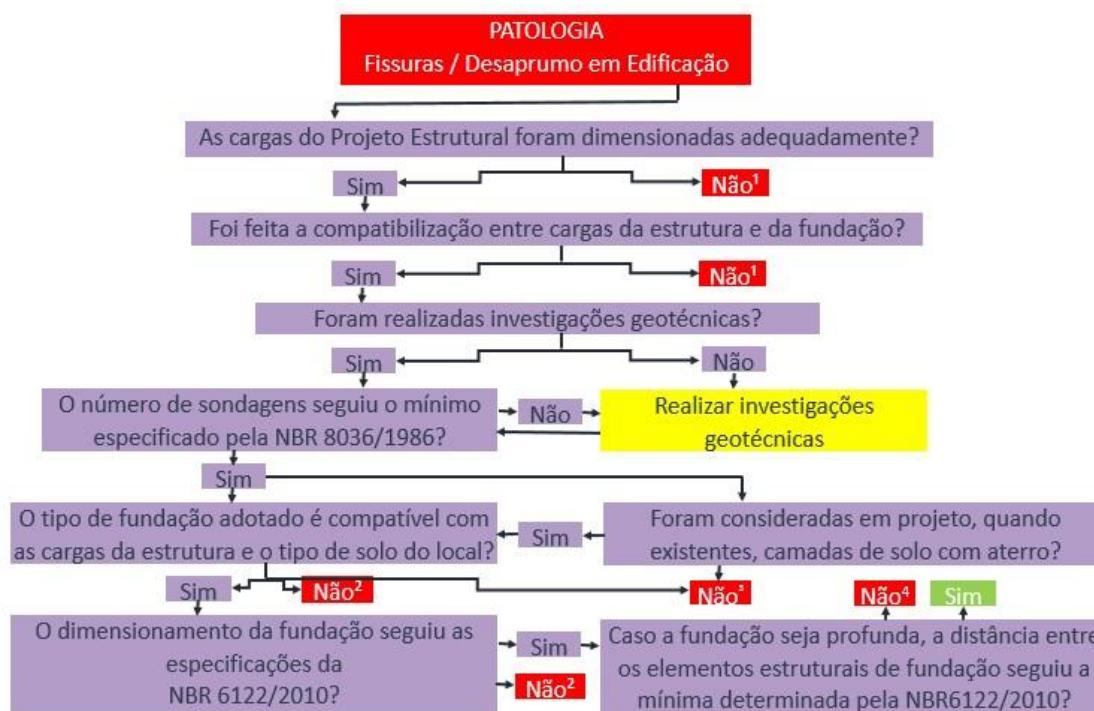
De acordo com Wiebbelling (2014,) ao aplicar a árvore de falhas obtém-se informações da provável patologia, na qual identifica-se o mecanismo deflagrador, permitindo assim ações de proteção a estrutura, se tornando uma poderosa ferramenta para análise de falhas. Essas análises quando trabalhadas em um banco de dados, poderão servir como parâmetros a serem checados para minimizar o dano causado à fundação em função do surgimento da patologia.

Os ramos da Árvore de Falhas de Patologias em Fundações obedecem a um fluxo lógico para a fase de projeto, onde cada premissa contida, levam a uma determinada possibilidade de problemas, em caso de ramos que levam aos **NÃO**, esses tem saídas específicas para esses ramos. Ainda, pode se ter prováveis causas para as patologias bem como prováveis reparos quando o problema encontrado assim permitir.

Para o nó em destaque na cor amarela, já está determinada uma ação possível que deve ser tomada: Realizar Investigações Geotécnicas. Pode-se observar que o fluxo da informação passa por esse ramo retornando para o fluxo lógico da árvore de falhas.

Segundo Wiebbelling (2014), Árvore de Falhas de Patologias em Fundações, se divide em três eventos: eventos de fase de projetos, eventos de execução da fundação e eventos pós-conclusão de obras. A Figura 14, ilustra os eventos relacionados a fase de projeto.

Figura 14 - Árvore de falhas de patologias em fundações – Fase de Projeto.



Fonte: Wiebbelling (2014).

É preciso verificar se o dimensionamento das cargas de projeto estrutural e a compatibilização com o projeto foram dimensionadas de maneira coerente, pois o sub dimensionamento da fundação, acarreta no aparecimento de fissuras na edificação em virtude dos recalques que a edificação sofrerá. Uma possibilidade de reparo pode ser feita a readequação do projeto de fundação e também o reforço do mesmo nos pontos com patologias.

Para cada tipo de fundação as cargas são diferentes, ainda o solo também tem capacidades de suporte a cargas de apoio diferentes, segundo a ABNT NBR 6122 (2010), que trata dos projetos e execução de fundações, essas capacidades de cargas variam conforme profundidade, resistência do solo da sua base, geometria e do material empregado. Quando o tipo de fundação não considera as especificações do sistema de fundação poderá haver a deflagração de patologias por recalque em função da sua execução. Para tanto há a necessidade de verificação de reforço dessa e uma reanálise do projeto.

Os recalques podem ocorrer devido a erros de dimensionamento, tendo como resultado o surgimento de patologias na fundação. Como se trata de um erro na etapa de projeto, pode-se readequar o projeto de fundação e realizar reforço de fundação através de estacas de grande

profundidade, pode se reforçar o bloco em que está sendo afetado ou criar novas estruturas de fundação para o projeto.

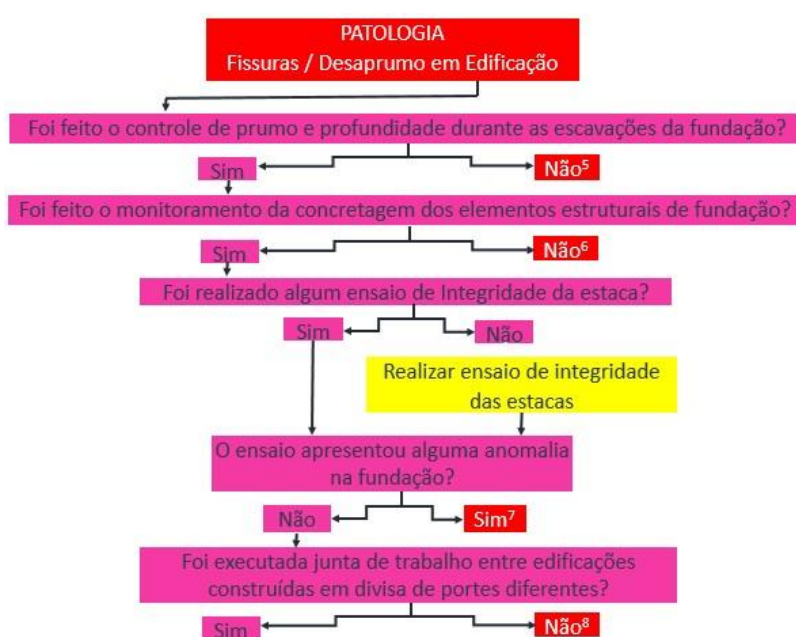
Quando a fundação é profunda deve se seguir a distância mínima entre estacas prevista na ABNT NBR 6122 (2010), evitando risco de desabamento, sobreposição de tensões de elementos próximos, que podem acarretar a redução da transferência de carga entre o elemento estrutural de fundação e o solo e, conseqüentemente, um subdimensionamento da mesma. Uma das possibilidades de reparo nesse caso de patologia é a adequação dos espaçamentos entre estacas, readequando o projeto de fundação, empregando blocos ou outros formatos de blocos de coroamento.

Os ramos da Árvore de Falhas de Patologias em Fundações obedecem a um fluxo lógico, onde cada premissa contida na fase execução da fundação, levam a uma determinada possibilidade de problemas, em caso de ramos que levam aos **NÃO**, esses tem saídas específicas para esses ramos. Ainda, pode se ter, prováveis causas para as patologias, como prováveis reparos quando o problema patológico encontrado assim permitir.

Para o nó em destaque na cor amarela, já está determinada uma ação possível que deve ser tomada: Realizar Ensaio de Integridade da Estaca. Pode-se observar que o fluxo da informação passa por esse ramo retornando para o fluxo lógico da árvore de falhas.

A Figura 15 ilustra os eventos relacionados à fase de eventos de execução da fundação da Árvore de Falhas de Patologias em Fundações.

Figura 15 - Árvore de falhas de patologias em fundações – Fase execução da fundação.



Fonte: Wiebbelling(2014)

Quando é feito o controle de prumo e profundidade durante as escavações da fundação garante que o projeto seja devidamente executado, sem que haja o surgimento de excentricidades de cargas, o que poderia promover recalques e consequentes patologias. Uma possível solução para o reparo dessa patologia, em caso de fundação de pequeno porte. Caso o problema envolva ruptura de elementos estruturais devido a esforços de flexo-compressão e não utilização de área de aço necessária para as solicitações, é necessário macaquear a estrutura e apoiá-la em nova fundação a ser realizada. Caso o recalque seja de elevada gravidade não permitindo reparos, pode-se haver a necessidade de condenação da estrutura.

O monitoramento e controle da concretagem dos elementos estruturais da fundação é muito importante, pois não é possível fazer esse monitoramento interno do elemento durante sua execução. Tendo as informações de volumes de concreto utilizado e o calculado para a concretagem da fundação, se exceder o volume pode significar rompimento entre dois furos, ou se caso isso aconteça, pode significar o estrangulamento do fuste. Nesses casos, é conveniente a execução de nova fundação para o pilar afetado, podendo ser feito o fechamento ou inutilização das estacas escavadas que apresentaram a patologia com mistura de solo-cimento.

A execução de ensaios é a maneira mais prática e viável de verificação de anomalias em estacas, pois pode identificar patologias como o estrangulamento de fuste durante a execução das fundações. Nesses casos, é conveniente a execução de nova fundação para o pilar afetado, podendo ser feito o fechamento ou inutilização das estacas escavadas que apresentaram a patologia com mistura de solo-cimento. Se a anomalia não condenar o elemento estrutural pode-se adotar a estaca Mega como reforço na fundação.

Quando não é executada junta de trabalho entre as edificações construídas em divisas de porte diferente, a de menor porte terá um aumento de tensões para o qual não foi projetado, pois essa tende a sofrer o mesmo abaixamento da edificação de maior porte vizinha. Dessa forma, esse aumento de tensões provocará o surgimento de fissuras. Nesse caso, deve ser feita a readequação do projeto de fundação e reforço com a utilização de estacas de grande profundidade e / ou melhoramento do solo da camada compressível.

A Figura 16, ilustra os eventos relacionados a fase de eventos pós-conclusão de obras da Árvore de Falhas de Patologias em Fundações.

Figura 16 - Árvore de falhas de patologias em fundações – Fase eventos pós-conclusão de obras.



Fonte: Wiebbelling (2014).

Se os materiais utilizados na execução das fundações não são devidamente resistentes à agressividade do solo em que a fundação foi executada, isso pode levar à patologias e à corrosão. Entre os fatores mais relevantes, devem ser considerados a permeabilidade do concreto à água e aos gases, o grau de carbonatação, a composição química do aço, o estado de fissuração da peça e características ambientais como umidade, temperatura e presença de agentes agressivos. Caso haja a degradação dos materiais, devem ser feitos estudos para a escolha de novos materiais que possa ser utilizado dado a agressividade do solo, para que seja empregado nas estruturas de reforço, caso seja possível recuperação.

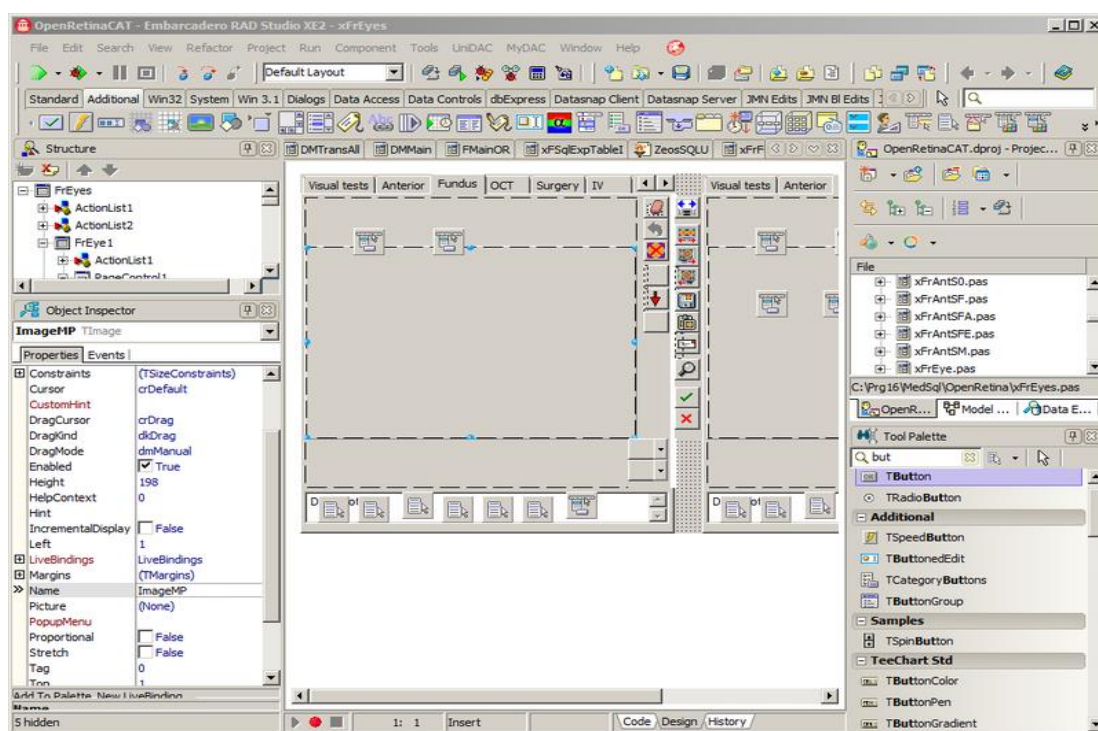
O projeto de fundação de uma nova edificação em terreno com edificações vizinhas deve levar em consideração os recalques devido à sobreposição de bulbos de tensões dependendo da proximidade. Isso provocará um aumento na tensão efetiva na área da intersecção, e caso o solo não tenha capacidade de suporte para tal, haverá a sua deformação e recalque da edificação existente. Nesses casos, é conveniente a execução de nova fundação para o pilar afetado, podendo ser feito o fechamento ou inutilização das estacas escavadas que apresentaram a patologia com mistura de solo-cimento. Se a anomalia não condenar o elemento estrutural pode-se adotar a estaca Mega como reforço na fundação.

2.7 DESENVOLVIMENTO E LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

O Embarcadero Delphi, anteriormente conhecido como CodeGear Delphi, Inprise Delphi e Borland Delphi, também conhecido como Delphi, é um compilador e uma IDE, produzido anteriormente pela Borland Software Corporation e, atualmente, pela Embarcadero. O Delphi, originalmente direcionado para a plataforma Windows, chegou a ser usado para desenvolvimento de aplicações nativas para Linux através do Kylix (o Kylix é um IDE para as linguagens C++ e Object Pascal), e para o framework Microsoft .NET em suas versões mais recentes finais.

A ferramenta de desenvolvimento Delphi é muito utilizada no desenvolvimento de aplicações desktop, aplicações multicamadas e cliente/servidor, compatível com os bancos de dados mais conhecidos do mercado. O Delphi pode ser utilizado para diversos tipos de desenvolvimento de projeto, abrangendo desde Serviços a Aplicações Web e CTI. O nome Delphi é inspirado na cidade de Delfos, o único local na Grécia antiga em que era possível consultar o Oráculo de Delfos. O nome deve-se ao fato de que os desenvolvedores do compilador procuravam uma ferramenta capaz de aceder ao banco de dados Oracle. A Figura 17 mostra o ambiente de desenvolvimento da ferramenta Delphi XE.

Figura 17 – Ambiente de desenvolvimento Delphi XE



Fonte: Embarcadero (2018)

2.8 AGILIDADE NO PROCESSO COM APLICAÇÃO DE SOFTWARE

Segundo a revista Exame, plataforma Justto Fundada em 2011, funciona como uma espécie de câmara de arbitragem online, com sua aplicação obteve uma intermediação 2 milhões de reais em sentenças arbitrais, e o Acordo Fácil, sistema online de negociação de acordos entre empresas e consumidores que já resolveu 5.000 impasses fora da Justiça brasileira.

Devido ao grande número de processos, o acordo judicial se apresenta como uma solução mais viável para que não acumule ainda mais processos. Atuando como uma câmara de arbitragem online a plataforma ajuda a diminuir o tempo de resolução e também reduz o acúmulo de novos processos.

Os acordos negociados entre empresas e consumidores, atingiu uma redução de 46% em relação com gastos com os processos, além de diminuir em 30% o valor pago em casos de condenações (Exame 2017).

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

Na realização deste trabalho, utilizou-se o de pesquisa bibliográfica principalmente em publicações, com caráter exploratórios e acadêmicos. A revisão bibliográfica, ou revisão da literatura, é a pesquisa de toda a bibliografia já publicada, em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escritas disponíveis. Objetivando o contato com todo o material escrito sobre um assunto específico, a fim de auxiliar o pesquisador na manipulação de informações e também das análises finais do objeto do trabalho (MARCONI E LAKATOS, 2003).

Foi desenvolvido um *software*, na linguagem de programação *Pascal*, com a ferramenta de desenvolvimento *Delphi XE10*, que possibilitará que o usuário insira informações sobre o local de execução de uma determinada obra. Com base nas informações inseridas, o sistema computacional processa cada bloco de informação, comparando com as informações contidas na Árvore de falhas de patologias em fundações desenvolvida por Wiebbelling (2014). Esse *software* tem uma interface com o usuário, o qual fará a visualização dos dados, permitindo uma análise simultânea das informações.

3.1.2 Análise dos dados

A análise realizada pelo *software* através das imagens de fissuras submetidas ao operador que selecionará a imagem com a patologia em análise, essa por sua vez quando for setada, em seguida iniciará a investigação pelo método de árvore de falhas. Ainda, será realizada a respectiva análise por meio da comparação do banco de dados criado através do SGDB Mysql, e revisão bibliográfica relacionando o tipo da patologia, suas possíveis causas e o método para recuperação dessas patologias.

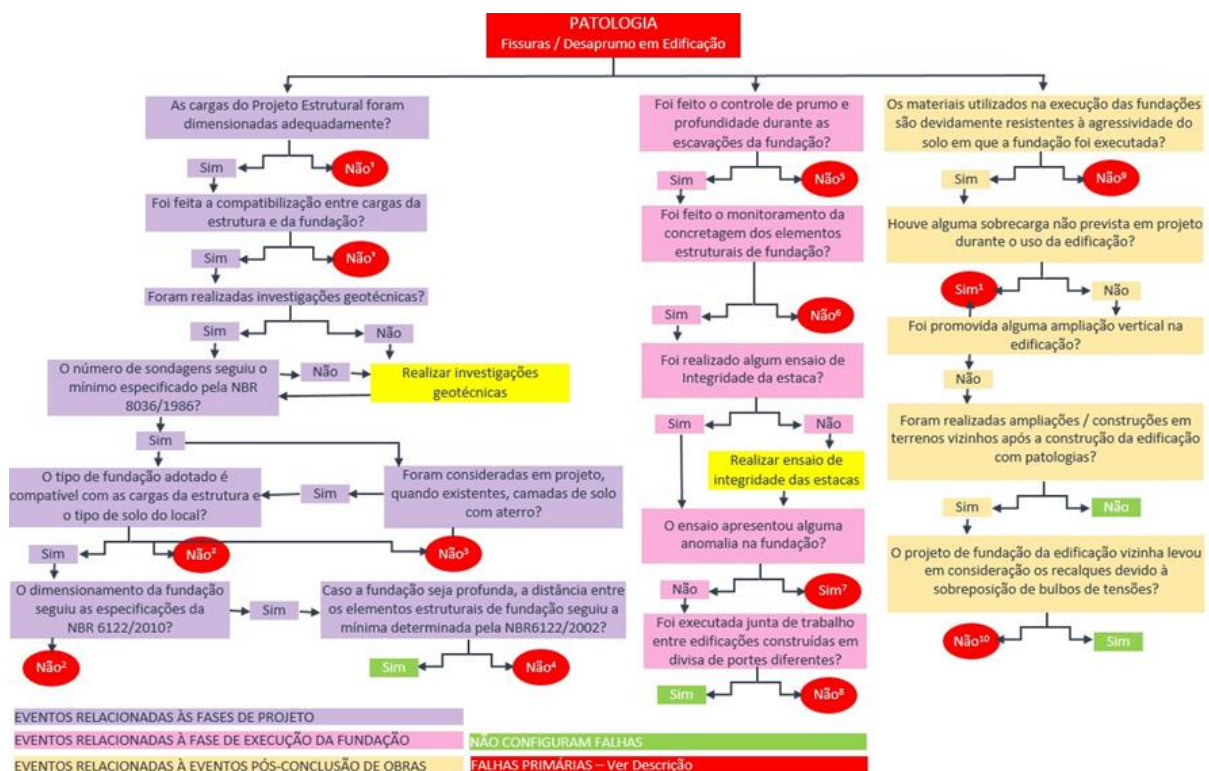
3.1.2 Método executivo

O desenvolvimento do *software* deu-se através utilizando a ferramenta *Rad Enbarcadeiro Delphi XE10*, ferramenta de desenvolvimento para linguagem de programação *Object Pacal*, essa possibilita que o usuário insira informações sobre a obra e a fundação que será analisada.

Através de entradas de dados, o sistema computacional processa cada informação, percorrendo o fluxo da árvore de falhas, onde as decisões tomadas pelo usuário investigador da patologia determinam através da sua resposta, como se dará o fluxo das ações contidas no sistema em relação a pergunta respondida.

Como base para auxiliar no desenvolvimento do *software*, norteado pela árvore de falhas a Figura 18 traz um auxílio para o entendimento do processo sistematizado. Essa demonstra todo o fluxo seguido pelo *software*.

Figura 18 - Arvore de Falhas

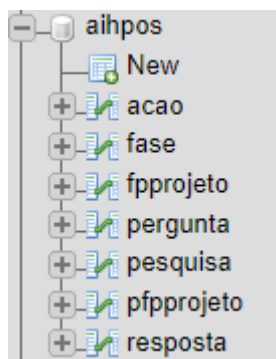


Fonte: Wiebbelling (2014).

Com base na Figura 18 foram criadas as tabelas de dados *acao*, *fase*, *fpprojeto*, *pergunta*, *pesquisa*, *pfprojeto*, *resposta*. A Figura 14 mostra a estrutura das perguntas armazenadas no banco de dados do *software* criado a com base na Figura 19.

O banco de dados inicialmente está estruturado conforme a Figura 19, onde pode-se observar sua estrutura organizacional com suas tabelas de dados.

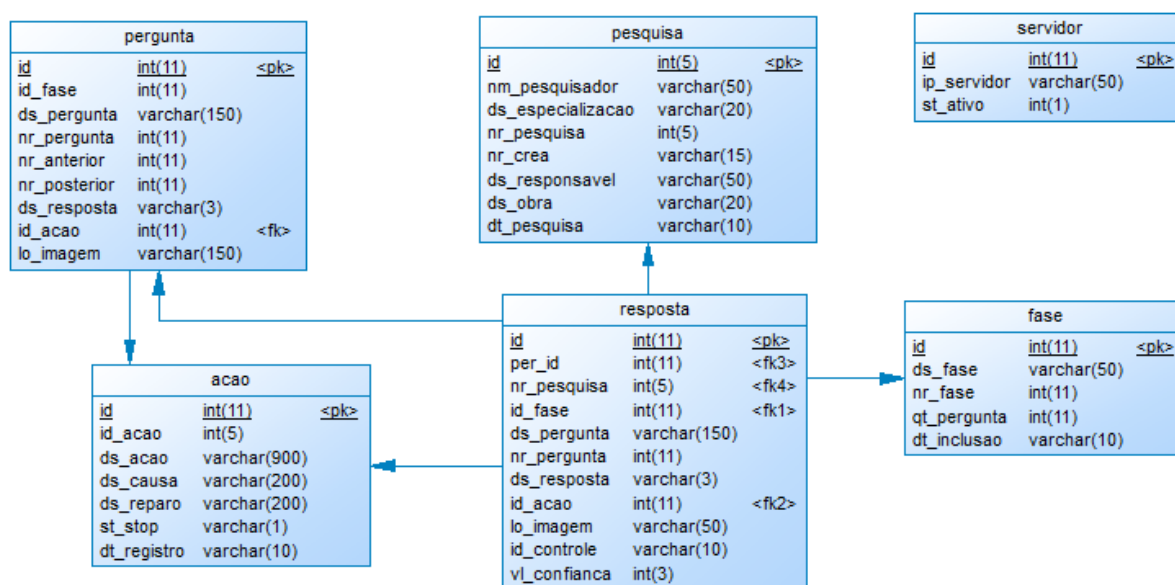
Figura 19 - Estrutura do banco de dados AIHPOS



Fonte: Autor (2018)

As tabelas de dados criadas contêm os atributos com características específicas para entrada de dados. Para cada determinado tipo de dados que o sistema recebe, o campo que recebe o dado tem um formato e tamanho, bem com tipo específico. As Figuras 20 e 21 para um melhor entendimento ilustram os campos com suas especificações.

Figura 20 – Diagrama de Entidade Relacional



Fonte: Autor (2018)

Figura 21 - Tabelas de dados

Tabela ACAO		Tabela FASE		Tabela PESQUISA	
Nome	Tipo	Nome	Tipo	Nome	Tipo
id 	int(5)	Id 	int(11)	id 	int(5)
id_acao	int(5)	ds_fase	varchar(50)	nm_pesquisador	varchar(50)
ds_acao	text	nr_fase	int(11)	ds_especializacao	varchar(20)
ds_causa	varchar(200)	qt_pergunta	int(11)	nr_pesquisa	int(5)
ds_reparo	varchar(200)	dt_inclusao	date	nr_crea	varchar(15)
st_stop	varchar(1)			ds_responsavel	varchar(50)
dt_registro	varchar(10)			ds_obra	varchar(20)
				dt_pesquisa	varchar(10)

Tabela PERGUNTA		Tabela RESPOSTA	
Nome	Tipo	Nome	Tipo
id 	int(11)	id 	int(11)
id_fase	int(11)	nr_pesquisa	int(5)
ds_pergunta	varchar(150)	id_fase	int(11)
nr_pergunta	int(11)	ds_pergunta	varchar(150)
nr_anterior	int(11)	nr_pergunta	int(11)
nr_posterior	int(11)	ds_resposta	varchar(3)
ds_resposta	varchar(3)	id_acao	int(11)
id_acao	int(11)	lo_imagem	varchar(50)
lo_imagem	varchar(150)	id_controle	varchar(10)
		vl_confianca	int(3)

Fonte: Autor (2018)

3.1.3 Concepção do sistema

O desenvolvido desse *software* objetiva ajudar profissionais e estudantes da área de engenharia de fundações quanto as patologias. Em acordo com a atualidade, esse software permite ser executado em todos os principais sistemas operacionais existentes, bem como dispositivos mobiles.

Dado o uso da tecnologia REST para armazenamento e manipulação dos dados permite a instalação do banco de dados em servidores remotos que dispõem de infraestrutura modernas e protegidas.

Todos os dados são persistidos em banco de dados no caso *Mysql* que é um banco de dados livre, não se paga para sua utilização, além de contém uma gama enorme de ferramentas que facilitam sua utilização. O *Mysql* é líder na plataforma web, pois tem sua utilização de fácil compreensão e entendimento, por também ser um banco que não consome grandes volumes para armazenamento e instalação.

3.1.4 Lógica e algoritmos

A Figura 22, mostra o algoritmo responsável por toda conversação do sistema, ele envia recebe e decodifica as requisições *HTML* do sistema. Esse algoritmo também invoca a função de monta as filas de dados em listas padronizadas para serem enviadas e aceita no padrão *Json* do servidor rest.

Figura 22 - Algoritmo principal requisições Servidor Rest

```

function TdmDB.Crud(tb:TFDMemTable; ds:TDataSource; id:string; url,tipo:string):string;
var
    Requisicao: TRequisicao;
    JsonOb: TJSONObject;
320 paramter: TStringList;
    JsonToSend:TStringStream;
    Json: string;
    JsonExecuta: string;
begin
    Requisicao := TRequisicao.Create;
    Json := ir(tb, ds);
    JsonToSend := TStringStream.Create( UTF8Encode(Json) );
328
    if tipo='PO' then begin
330         JsonExecuta := Requisicao.POST(url+'/', JsonToSend);
    end;
    if tipo='DE' then begin
        JsonExecuta := Requisicao.DELETE(url+'/delete/'+id);
    end;

    if tipo='PU' then begin
        JsonExecuta := Requisicao.PUT(url+'/'+id, JsonToSend);
        {JsonToDataset(tb, JsonExecuta); }
    end;
340
    if tipo='GE' then begin
        JsonExecuta := Requisicao.GET(url+'/'+id);
        JsonToDataset(tb, JsonExecuta);
    end;

    if (tipo = 'GI') then begin
        JsonExecuta := Requisicao.GET(url+'/');
        JsonToDataset(tb, JsonExecuta);
    end;
350
    if Requisicao.HTTP.ResponseCode = 200 then
    begin
        JsonOb := TJSONObject.ParseJSONValue(TEncoding.UTF8.GetBytes(json), 0)
        as TJSONObject;
        if JsonOb.GET('MSG') <> nil then
        begin
            ShowMessage(JsonOb.GetValue('MSG').Value);
        end else begin
            {}
        end;
360
    end;
end;
end;

```

Fonte: Autor (2018)

O algoritmo da Figura 23 faz o trabalho de decriptar e resultado de um uma requisição e transforma esses resultados em dados que serão gravadas no banco de dados.

Figura 23 - Algoritmo de transformação de rest para tabela

```

function TdmDB.ir(tb:TFDMemTable; ds:TDataSource):string;
300 var
    i,j:Integer;
    c,k:String;
begin
    c := EmptyStr;
    j := Pred(tb.FieldCount);
    for i := 0 to Pred(tb.FieldCount) do
begin
    k:=',';
    if i = j then k:='';
310    c := c + '"' + ds.DataSet.Fields[i].FieldName + ':' + '"' + ds.DataSet.Fields[i].AsString
end;
    c:='{'+(c)+'}';
    result := c;
end;

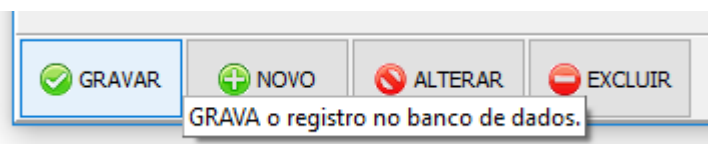
```

Fonte: Autor (2018)

3.1.5 Interface do software

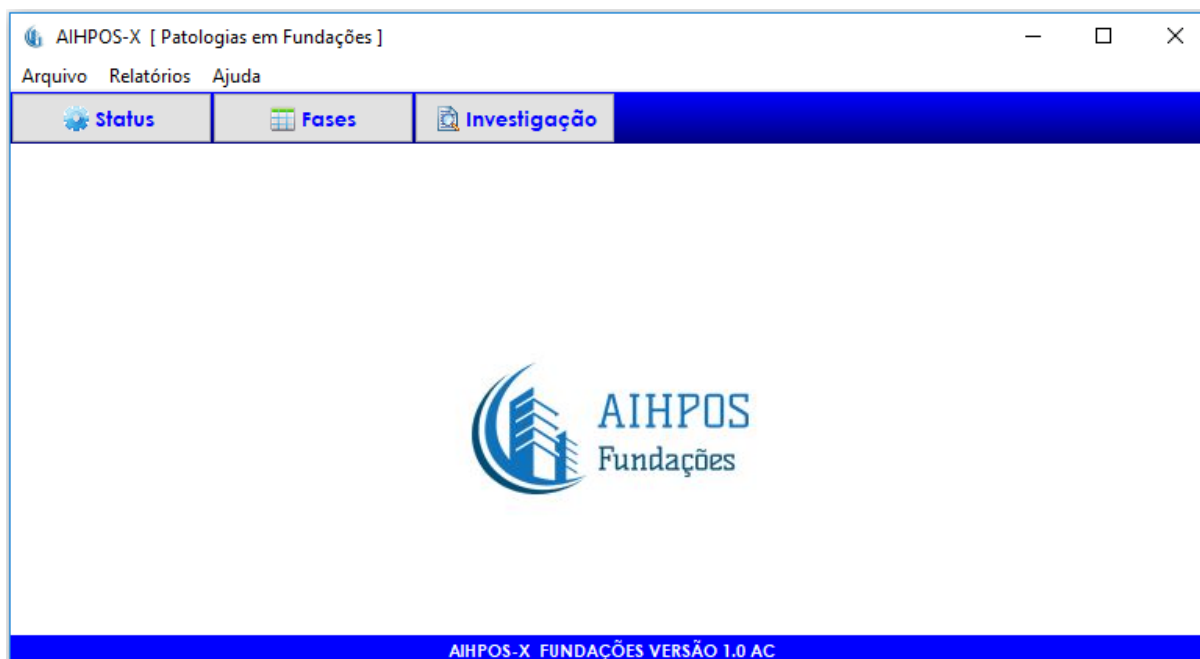
O software utiliza o sistema de janelas, para executar as operações estabelecidas por requisição do usuário. Todos as janelas são compostas por ícones, cores e botões padrão, evitando assim problemas com iterações de operadores do sistema. Ainda cada botão possui uma mensagem que ao posicionar o mouse sobre o mesmo, e exibido sua funcionalidade.

As operações transparentes aos usuários possuem validações e gravam arquivos, onde é possível ver o que está acontecendo e resolver algum eventual problema rapidamente. A Figura 24 mostra como é apresentada a informação ao usuário parar o mouse sobre um botão.

Figura 24 - Informação uso botão gravar**Fonte:** Autor (2018)

A Figura 25 mostra a tela de *Desktop* do sistema, tela principal para acesso as demais opções.

Figura 25 - Tela principal do sistema - *Desktop*



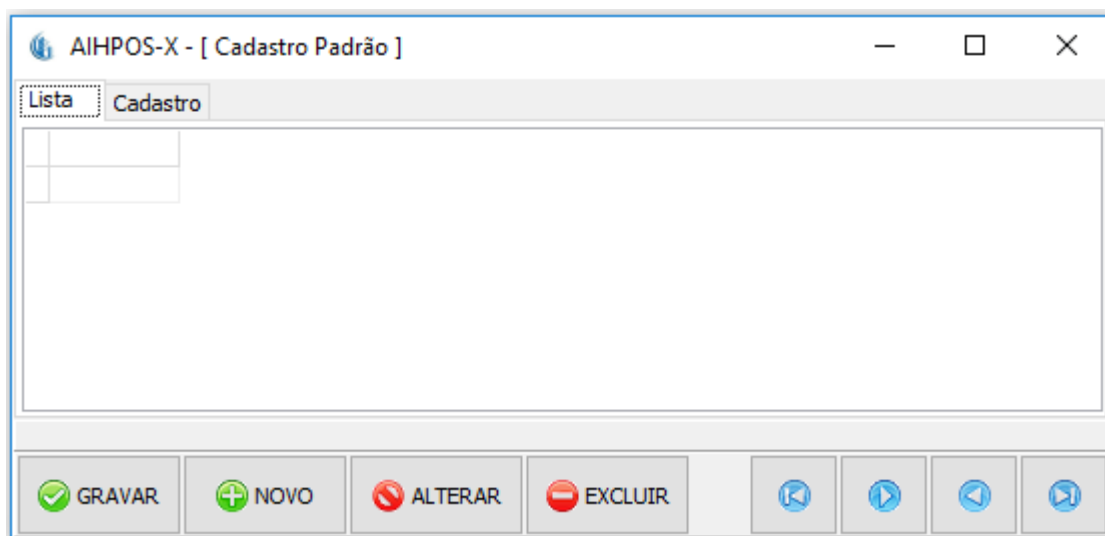
Fonte: Autor (2018)

Os cadastros fazem com que os dados que necessitam serem incluídos, no sistema sejam armazenados no banco de dados, esse processo é feito através da digitação de dados em formulários especificados segundo sua utilização.

Todos os cadastros conforme já dito seguem um padrão de cores, disposição da informação e também funcionalidades. Alguns cadastros considerados primordiais para o funcionamento do *software* podem fazer requisição de informe de senha ao usuário e ou até mesmo não liberar acesso a determinada operação, como por exemplo exclusão, alteração.

A Figura 26 mostra a real reprodução de um cadastro, onde a única mudança que ocorre dentre todos é a alteração do tipo de informação em questão referente ao seu tipo de utilização.

Figura 26 - Formulário padrão de cadastro



AIHPOS-X - [Cadastro Padrão]

Lista Cadastro

GRAVAR NOVO ALTERAR EXCLUIR

Fonte: Autor (2018)

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a validação do *software* foi realizado uma pesquisa com dados de caráter aparente, os dados de cadastro de pesquisa são também de caráter aparente. Foi feito um cadastro de pesquisa e esse foi submetido investigação onde um resultado dessa pesquisa, investigação remete para um ramo de negação, demonstrando assim o funcionamento validado do *software*.

O cadastro de pesquisa é o mais importante para a operação do *software*, é através dele que inicia todo o processo de investigação de patologias. Somente é possível iniciar uma investigação através da opção que pode ser acessada, clicando no botão contido na parte inferior do cadastro. A Figura 27 mostra o formulário de cadastro de pesquisas.

Figura 27 - Cadastro Pesquisas

AIHPOS-X - [Cadastro de Pesquisas]

Lista **Cadastro**

Codigo: 4

Numero: 4 Data: 06/11/2018

Pesquisador: SOPHIA FRANCO SOARES

CREA: 0123456-789

Especializacao: DRa PERICIA DE FUNDACOES

Obra: VALE DO VENTO

Responsável: ROGINALDO FRANCO SOARES

GRAVAR NOVO ALTERAR EXCLUIR INICIA INVESTIGAÇÃO

Fonte: Autor (2018)

O formulário que trata da investigação dos ramos da árvore de falhas, quando iniciado, carrega os dados da pesquisa e o mostra na sua parte superior. Para esse formulário,

o usuário investigador pesquisador tem acesso as perguntas da pesquisa, investigação e navega por elas gravando sua resposta.

O campo resposta nunca poderá ser vazio bem como o campo nível de confiança que tem função primordial, ser um balizador. Ainda outra função desse campo além da informação, é dar continuidade ao processo de investigação quando a secção de ramo da arvore de falhas. A Figura 28 mostra a tela com o formulário de investigação.

Figura 28 - Investigação

AIHPOS-X - [Investigação de Mecanismos deflagradores de Patologia]

Numero: 7 Data: 06/12/2018 Obra: CASO2

Pesquisador: ROGINALDO FRANCO CREA: 12346789-123

Responsável: CASO2 Especialista: PATOLOGIAS FUNDACOES

Fase: Fase de Projeto

Nó Atual: 1 Nó Anterior.: 1 Fase: 1

Total Nós: 8 Nó Posterior: 2

.....INVESTIGANDO.....

As cargas do projeto estrutural foram dimensionadas adequadamente?

Primeiro Proximo Anterior Ultimo

Resposta: NÃO SIM NENHUM

Nível de confiança: 00 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

GRAVAR ALTERAR EXCLUIR NOVO

Table on the right:

Nº	Confiança
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	

Fonte: Autor (2018)

Na lateral direita é apresentada uma tabela que se monta conforme e executada a pesquisa investigação. Sem grandes funções essa tabela objetiva uma comunicação, mostrar visualmente a tela com o usuário e o processo em geral.

O sistema conta com relatório que pode ser acessado na opção, relatório personalizado no menu de relatórios, onde toda a investigação com suas particularidades pode ser acessada, impressas e até mesmo arquivadas. O formulário que dá acesso a saída dessa informação é fácil manuseio e entendimento.

No formulário de investigação na opção carregar foto permite que o usuário possa anexar fotos da visita feita em loco junto ao objeto da pesquisa. Nessa opção, o pesquisador

pode incluir fotos que ficam anexadas a aplicação conforme número de pesquisa. Essas fotos podem ser anexadas posteriormente ao relatório.

Há também a opção de inclusão de fotos para o auxílio comparativo visual, onde no cadastro de pesquisa no botão carregar foto pode ser incluído uma foto para que quando o usuário carregue aquela questão em que a foto anexada aparece na tela de investigação da pesquisa.

Na Figura 29 mostra como é carregado a imagem de comparação visual, essas imagens podem ser anexadas conforme conhecimento do profissional usuário no caso do sistema.

Figura 29 - Perguntas ramos árvore de falhas

AIHPOS-X - [Cadastro de Perguntas da Arvore de Falhas]

Lista Cadastro

ID: 8

Pergunta: Caso a fundacao seja profunda, a distancia entre os elementos estruturais de fundacao seguiu a minima determinada pela ABNT NBR 6122 2010?

Fase: 1

Descrição da Fase:

Nº da Pergunta: 8

Nº Anterior: 7

Nº Posterior: 8

Qtde Perguntas:

Ação: 4

Descrição Resposta: vaz

Descrição da Ação:

Imagem: 8

Status:

CARREGAR FOTO

GRAVAR NOVO ALTERAR EXCLUIR

A Figura 30 mostra o formulário, ele aparece em forma de tabelas e o usuário seleciona o registro a ser impresso dando duplo click na linha do referido dado.

Figura 30 - Relatório investigação árvore de falhas

The screenshot shows a window titled "AIHPOS-X - [Relatório de pesquisa por Pesquisa]". It contains a table with three columns: "Pesquisa", "Pesquisador", and "Obra". The table has two rows of data. Below the table, there are radio buttons for "Tipo de Relatório" (Analítico and Sintético) and a button labeled "Abrir Relatório de Investigação".

Pesquisa	Pesquisador	Obra
4	SOPHIA FRANCO SOARES	VALE DO SOL
5	ROGINALDO FRANCO SAOARES	VALE DO SOL

Tipo de Relatório
☒ Analítico ☐ Sintético

Abrir Relatório de Investigação

Fonte: Autor (2018)

Após a seleção do registro de pesquisa a ser impresso, tendo executado ação que leva a geração do relatório, tem se toda a árvore de falhas impressa em forma de relatório, com todos os seus atributos e precariedades. Conforme citado acima, todo o resultado do processo é armazenado em banco de dados, o que permite rever, e ou até mesmo excluir e refazer em caso de dúvidas.

O relatório geral e pronto para ser impresso, abre com um visualizador personalizado na tela do usuário. Ainda, o usuário conta com opção de impressão em vários formatos, sendo o mais indicado arquivo do tipo (.pdf), por se tratar de um formato em que todos os navegadores dos sistemas operacionais mais relevantes possuem acesso.

A Figura 31, mostra o relatório analítico que foi impresso, tendo como base as informadas pelo usuário em seu caso aparente.

Figura 31 - Relatório Investigações Patologias

AIHPOS-X RELATÓRIO PATOLOGIA EM FUNDAÇÕES		Página.: 1
		 Autenticidade
Pesquisa:	4	Pesquisador: SOPHIA FRANCO SOARES
Obra:	VALE DO SOL	Crea: 0123654-789
Responsável:	ROGINALDO FRANCO SOARES	Especialização:
Pergunta:	Fase de Projeto	Confiança
NAO	As cargas do projeto estrutural foram dimensionadas adequadamente?	70%
70 %		
Cargas de projeto estrutural dimensionadas de maneira incoerente ou não compatibilizadas com o projeto, devido ao sub dimensionamento da fundação, promovendo o aparecimento de fissuras na edificação, em virtude dos recalques que a edificação sofreu. Uma possibilidade de reparo e a readequação do projeto de fundação e reforço de fundação nos pontos afetados. Causa provável - sub dimensionamento da fundação. Possível reparo - Readequação do projeto de fundação e reforço de fundação nos pontos afetados.		
Pergunta:	Fase de Projeto	Confiança
SIM	Foi feita a compatibilização entre cargas da estrutura e da fundação?	70%
70 %		
Pergunta:	Fase de Projeto	Confiança
SIM	Foram realizadas investigações geotécnicas?	20%
20 %		
Pergunta:	Fase de Projeto	Confiança
NAO	O número de sondagens seguiu o mínimo especificado pela ABNT NBR 8036/1988	20%
20 %		
Realizar investigações Geotécnicas Falta de investigações geotécnicas Realizar investigações geotécnicas		

Fonte: Autor (2018)

4.2 APLICAÇÃO DO SOFTWARE

Para provar a eficiência do Programa de Qualidade, os questionários de controle de serviço foram aplicados na obra X e na obra Y.

4.2.1 Obra X

A obra X consiste em uma ponte com onde os pilares e os grandes blocos de sustentação sofreram uma reação química através do ataque dos elementos naturais sobre os materiais da fundação. Isso obriga à verificação da existência de materiais agressivos e seus possíveis efeitos, cuja avaliação deve ser prevista nas etapas de coleta de dados do solo, análise, projeto e execução.

Para a obra X de grande porte, foram realizadas sondagens a priori considera-se que foram bem executadas. Ainda, o projeto de fundações também foi realizado, e houve a observância das normas para estabelecidas para esse tipo de obra. Contudo todos os projetos de engenharia com elementos enterrados ou em contato com o solo e a água devem considerar os aspectos de permanência e integridade a longo prazo. A Figura 32 mostra um bloco de fundação sendo atacado por elementos químicos que dão origem a reação álcali agregado.

Figura 32 - Bloco de fundação com padrão de fissuração típico de RAA



Fonte: Milititsky (2005)

Nessa obra a todos os itens não relacionados aos da Figura 32 passaram pela pesquisa da árvore de falhas de patologias em fundações. A Tabela 1 abaixo mostra as informações obtidas para o caso da Obra X.

Ao inferir o problema da Obra X no *software*, todas as perguntas foram respondidas, as perguntas, a 14 foi a única que a resposta foi não. Essa pergunta refere-se à resistência dos materiais adequados a agressividade do solo em que a fundação foi executada.

As questões relacionadas com essas respostas estão anexadas no trabalho no Apêndice A onde mostra-se a lista de questões que o *software* apresentou ao usuário que respondeu segundo os resultados da Tabela 1.

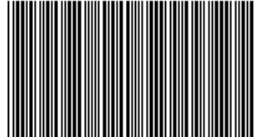
Tabela 1 - Resultados Obra X

PERGUNTA	SIM	NÃO	NENHUM
1	X		
2	X		
3	X		
4	X		
5	X		
6	X		
7	X		
8	X		
9	X		
10	X		
11	X		
12			
13	X		
14		X	
15	X		
16	X		
17	X		
18	X		

Fonte: *Software* (2018)

Ao responder não para a pergunta 14 o *software* processou as informações e as organizou em forma de relatório onde apresenta as causas prováveis e as soluções prováveis. A Figura 33 mostra um relatório com o conteúdo gerado a partir das informações coletadas e inseridas no *software*.

Figura 33 - Relatório de Investigação Obra X

AIHPOS-X RELATÓRIO PATOLOGIA EM FUNDAÇÕES		Página.:1
		 Autenticiade
Pesquisa:	7	Pesquisador: ROGINALDO FRANCO
Obra:	OBRA X	Crea: 12346789-123
Responsável	OBRA X	Especialização:
Pergunta:	Fase eventos pos-conclusao de Os materiais utilizados na execucao das fundacoes sao devidamente resistentes a agressividade do solo em que a fundacao foi executada?	
NAO	Confiança 100%	
100 %		
A degradacao dos materiais constituintes das estruturas de fundacao depende do grau de agressividade do ambiente, que deve ser considerado na escolha do tipo de fundacao para que nao haja a ocorrencia de patologias devido a corrosao. Entre os fatores mais relevantes, devem ser considerados a permeabilidade do concreto a agua e aos gases, o grau de carbonatacao, a composicao quimica do aco, o estado de fissuracao da peca e caracteristicas ambientais como umidade, temperatura e presenca de agentes agressivos. Alem de, no caso de estacas de madeira, devido tratamento do material contra o apodrecimento. No caso de patologias decorrentes da degradacao dos materiais, deve ser promovido um estudo para a escolha de novos materiais, com a devida resistencia, para a execucao de reforco de fundacao, caso a estrutura nao esteja em ruina. Causa Provavel - A degradacao dos materiais constituintes das estruturas de fundacao depende do grau de agressividade do ambiente Possivel reparo - Estudo para a escolha de novos materiais, com a devida resistencia, para a execucao de reforco de fundacao, caso a estrutura nao esteja em ruina.		

Fonte: Software (2018)

4.2.2 Obra Y

A obra Y consiste em um empreendimento onde para a fundação foi necessário o uso de estacas com grandes diâmetros. Essas estacas foram executadas, por procedimentos construtivos inadequados. A inobservância da norma ABNT NBR 6122 (2010), pode causar problemas de integridade ou continuidade.

Para a obra Y de grande porte, foram realizadas sondagens a priori considera-se que foram bem executadas. Ainda, o projeto de fundações também foi realizado, e houve a observância das normas para estabelecidas para esse tipo de obra. Contudo todos os projetos de engenharia com elementos enterrados ou em contato com o solo e a água devem considerar os aspectos de permanência e integridade a longo prazo.

A concretagem deve ser executada de forma compatível com o sistema construtivo, com supervisão estrita para garantir a qualidade da estaca. A Figura 34, mostra o problema ocorrido com a estaca de integridade, estrangulamento de fuste.

Figura 34 - Estrangulamento de Fuste



Fonte: Milititsky (2005).

Nessa obra a todos os itens não relacionados aos da Figura 34 passaram pela pesquisa da árvore de falhas de patologias em fundações. A Tabela 2 abaixo mostra as informações obtidas para o caso da Obra Y.

As questões relacionadas com essas respostas estão anexadas no trabalho no apêndice B onde mostra-se a lista de questões que o *software* apresentou ao usuário que respondeu segundo os resultados da Tabela 2.

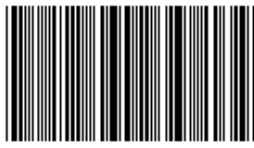
Tabela 2 – Resultados da Obra Y

PERGUNTA	SIM	NÃO	NENHUM
1	X		
2	X		
3	X		
4	X		
5	X		
6	X		
7	X		
8		X	
9	X		
10	X		
11		X	
12	X		
13	X		
14	X		
15	X		
16	X		
17	X		
18	X		

Fonte: Software (2018)

Ao responder não para a pergunta 8 e para 11 o *software* processou as informações e as organizou em forma de relatório onde apresenta as causas prováveis e as soluções prováveis. A Figura 35 mostra um relatório com o conteúdo gerado a partir das informações coletadas e inseridas no *software*

Figura 35 - Relatório Investigação Obra Y

AIHPOS-X RELATÓRIO PATOLOGIA EM FUNDAÇÕES		Página.:1
		 Autenticidade
Pesquisa:	6	Pesquisador: ROGINALDO FRANCO
Obra:	OBRA Y	Crea: 123456789-0123
Responsável:	OBRA Y	Especialização:
Pergunta:	Fase execucao da fundacao	Confiança
NAO	Foi realizado algum ensaio de Integridade das estacas?	100%
100 %		
Realizar ensaio de integridade de estacas		
Falta de ensaios de integridade de estacas		
Realizar ensaio de integridade de estacas		
Pergunta:	Fase de Projeto	Confiança
NAO	Caso a fundacao seja profunda, a distancia entre os elementos estruturais de fundacao seguiu a minima determinada pela ABNT NBR 6122 2010?	100%
100 %		
A distancia minima entre estacas assegura que nao hamera risco de desabamento e principalmente que nao hamera sobreposicao de tensoes oriundas dos dois elementos de fundacao proximos, que podem acarretar a reducao da transferencia de carga entre o elemento estrutural de fundacao e o solo e, consequentemente, um subdimensionamento da fundacao. A readequacao do projeto de fundacao e adequacao dos espacamentos entre estacas, empregando blocos ou outros formatos de blocos de coroamento, e uma das possibilidades de reparo nesse caso de patologia. Causa provavel - Sobreposicao de tensoes oriundas dos dois elementos de fundacao proximos, nao obeservacao das distancias minimas. Possivel reparo - Readequacao do projeto de fundacao e adequacao dos espacamentos entre estacas, empregando blocos ou outros formatos de blocos de coroamento.		

Fonte: Software (2018)

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho propôs desenvolvimento um software de cunho acadêmico na linguagem de programação Pascal com IDE Delphi XE10, para a identificação de mecanismo deflagrador de patologia orientadas na árvore de falha.

O *software* é integrado ao banco de dados Mysql, todas as informações podem ser acessadas posteriormente ao uso, e permite manipulação total pelo usuário, permitindo inclusive a inclusão de novas informações, se necessário, permitindo customizações de informações.

Aplicando a árvore de falhas de patologias em fundações ao software em um caso aparente realizou-se a análise dos resultados gerados e verificou-se que as respostas, as informações carregadas foram coerentes com a literatura embasada, validando-se assim o *software*.

Como ferramenta de aprendizado, o *software* tem grande utilidade, dada sua usabilidade, aliado ao grande número de informações a respeito de patologias em fundações que o compõe. Sua pesquisa é formada por questões contidas na Árvore de Falhas de Patologias em Fundações, essas questões ajudam e tornam muito rápida a análise das informações através de uma interface simples e intuitiva. A fim de proporcionar aprendizado e entender melhor as patologias em fundações, o software está disponível a comunidade acadêmica. Ele é intuitivo e segue padrões, o que facilita a utilização, junto com o *software* tem um manual de utilização o qual encontra-se no Apêndice B.

Contudo, o *software* deve ser utilizado apenas como uma ferramenta auxiliar nas investigações de patologias em fundações. Uma conclusão definitiva deve ser realizada por um profissional, segundo um estudo criterioso das informações obtidas, e as demais variáveis a serem consideradas de acordo com sua capacidade técnica. Portanto, é necessário a orientação técnica de um profissional capacitado para identificação dessas patologias, não apenas com o uso de um *software* para a tomada de decisão.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho realizado dever ser complementado, com novas funções e análises de dados. Em virtude da complexidade da área de trabalho, trabalhos relacionados podem ser desenvolvidos buscando a complementação do mesmo:

- ✓ Desenvolver um algoritmo que compare imagens de patologias em fundações pelo método de semelhança entre imagens.
- ✓ Incluir análise por lógica *fuzzy* com bibliotecas de imagens especialistas em patologias em fundações.
- ✓ Implementar rotinas de otimização de volume de informações análise dinâmica em tempo real para estruturas monitoradas.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. R. **Levantamento das Manifestações Patológicas em Fundações e Estruturas nas Edificações, com Até dez Anos de Idade, Executadas no Estado de Goiás**. Dissertação de Mestrado (Curso de Mestrado em Engenharia Civil da EEC/UFG) – UFG, Goiânia, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6118: **Solo - Projeto de estruturas de concreto** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6484: **Solo - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6502: **Rochas e Solos**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8036: **Programação de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos para Fundações de Edifícios**. Rio de Janeiro, 1983.

BECK, A.T. **Confiabilidade Estrutural**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola De Engenharia De São Carlos - Departamento De Engenharia De Estruturas, 2012.

CAPUTO, H. P. **Mecânica Dos Solos e Suas Aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1987.

CONCEPÇÃO DE OBRAS DE FUNDAÇÕES. In: Vellozo et al (1998) **Fundações Teoria e Prática** 2ed. São Paulo, 1998

EMBARCADERO. **Delphi XE**. Disponível em: <embarcadero.com> acessado em 12 de setembro de 2018.

EXAME. **Conheça 7 startups que prometem mudar o jurídico brasileiro**. Disponível em:< exame.abril.com.br> acessado em 08 de novembro de 2018.

GIRARDELLO, A. D. **Desenvolvimento de um software acadêmico para auxiliar na tomada de decisão quanto aos tipos de fundações**. Trabalho Conclusão de Curso, Faculdade Assis Gurgacz, Paraná, Cascavel, 2017.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MACIEL FILHO, C. L. **Introdução à Geologia de Engenharia**. 2. ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 1997.

MILITITSKY, J. **Patologia das Fundações** / Jarbas Milititsky, Nilo Cesar Consoli, Fernando Schnaid. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

SILVA, D. A. **Levantamento de Problemas em Fundações Correntes no Estado do Rio Grande do Sul**. 1993. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

SCHNAIDER, F. **Ensaio De Campo e Suas Aplicações à Engenharia De Fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000

WIEBBELLING, V. **Desenvolvimento de uma árvore de falhas de patologias em fundações**. Trabalho Conclusão de Curso, Faculdade Assis Gurgacz, Paraná, Cascavel, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Aplicação do *Software* Obra X

Nº	PERGUNTA	SIM	NÃO	NENHUM
1	As cargas do projeto estrutural foram dimensionadas adequadamente?	X		
2	Foi feita a compatibilização entre cargas da estrutura e da fundação?	X		
3	Foram realizadas investigações geotécnicas?	X		
4	O número de sondagens seguiu o mínimo especificado pela ABNT NBR 8036/1986?	X		
5	O tipo de fundação adotado é compatível com as cargas da estrutura e o tipo de solo do local?	X		
6	Foram consideradas em projeto, quando existentes, camadas de solo com aterro?	X		
7	O dimensionamento da fundação seguiu as especificações da ABNT NBR 6122/2010?	X		
8	Caso a fundação seja profunda, a distância entre os elementos estruturais de fundação seguiu a mínima determinada pela ABNT NBR 6122 2010?	X		
9	Foi feito controle de prumo e profundidade durante as escavações da fundação?	X		
10	foi feito o monitoramento da concretagem dos elementos estruturais da fundação?	X		
11	Foi realizado algum ensaio de Integridade das estacas?	X		
12	O ensaio apresentou alguma anomalia?	X		
13	Foi executada junta de trabalho entre edificações construídas em divisa de portes diferentes?	X		
14	Os materiais utilizados na execução das fundações são devidamente resistentes a agressividade do solo em que a fundação foi executada?		X	
15	Houve alguma sobrecarga não prevista em projeto durante o uso da edificação?	X		
16	Foi promovida alguma ampliação vertical na edificação?	X		
17	Foram realizadas ampliações / construções em terrenos vizinhos após a construção da edificação com patologias?	X		
18	O Projeto de fundação da edificação vizinha levou em consideração os recalques devido a sobreposição de bulbos de tensões?	X		

APÊNDICE B - Aplicação do *Software* Obra Y

Nº	PERGUNTA	SIM	NÃO	NENHUM
1	As cargas do projeto estrutural foram dimensionadas adequadamente?	X		
2	Foi feita a compatibilização entre cargas da estrutura e da fundação?	X		
3	Foram realizadas investigações geotécnicas?	X		
4	O número de sondagens seguiu o mínimo especificado pela ABNT NBR 8036/1986?	X		
5	O tipo de fundação adotado é compatível com as cargas da estrutura e o tipo de solo do local?	X		
6	Foram consideradas em projeto, quando existentes, camadas de solo com aterro?	X		
7	O dimensionamento da fundação seguiu as especificações da ABNT NBR 6122/2010?	X		
8	Caso a fundação seja profunda, a distância entre os elementos estruturais de fundação seguiu a mínima determinada pela ABNT NBR 6122 2010?		X	
9	Foi feito controle de prumo e profundidade durante as escavações da fundação?	X		
10	foi feito o monitoramento da concretagem dos elementos estruturais da fundação?	X		
11	Foi realizado algum ensaio de Integridade das estacas?		X	
12	O ensaio apresentou alguma anomalia?	X		
13	Foi executada junta de trabalho entre edificações construídas em divisa de portes diferentes?	X		
14	Os materiais utilizados na execução das fundações são devidamente resistentes a agressividade do solo em que a fundação foi executada?	X		
15	Houve alguma sobrecarga não prevista em projeto durante o uso da edificação?	X		
16	Foi promovida alguma ampliação vertical na edificação?	X		
17	Foram realizadas ampliações / construções em terrenos vizinhos após a construção da edificação com patologias?	X		
18	O Projeto de fundação da edificação vizinha levou em consideração os recalques devido a sobreposição de bulbos de tensões?	X		

APÊNDICE B - Manual do *Software***SOFTWARE PARA IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS DE PATOLOGIAS DE
FUNDAÇÕES UTILIZANDO METODOLOGIA DE ÁRVORE DE FALHAS****MANUAL DO USUÁRIO V1.0 AC**

2018

INTRODUÇÃO

O AIHPOS-X é um software desenvolvido para auxiliar na tomada de decisão, quanto as patologias em fundações utilizando método de árvore de falhas. O mesmo faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso do Centro Universitário FAG – Faculdade Assis Gurgacz, e foi desenvolvido pelo acadêmico Roginaldo Franco Soares com a orientação do professor Mestre Engenheiro Civil Maycon André de Almeida.

DISPONIBILIZAÇÃO DO SOFTWARE

O software AIHPOS-X está disponível para download no seguinte link:

https://drive.google.com/drive/folders/1wurVMTgNDln6E_07WOtqIIM4gTNlwQz?usp=sharing

FUNCIONALIDADES DO SOFTWARE

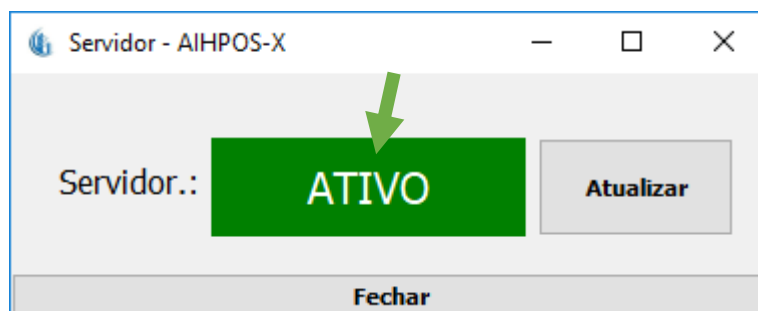
Para um melhor entendimento do software recomenda-se a leitura do manual, caso ainda não tenha a resposta desejada, recomenda-se também a leitura do trabalho de conclusão de curso.

O *software* ainda traz todo o referencial bibliográfico em que foi baseado, e também informações sobre o desenvolvedor do mesmo na aba “Sobre”.

Maiores informações sobre o *software* encontram-se no trabalho de conclusão de curso que o originou.

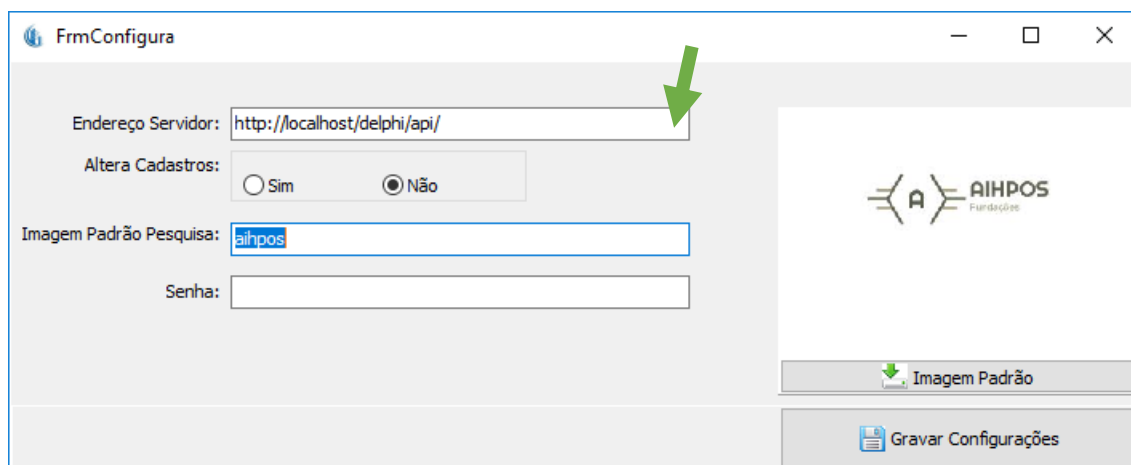
1. STATUS DO SOFTWARE – (Arquivo – Status de Resposta)

Define o estado do sistema se está em sincronia com o servidor de banco de dados, apresentando verde para ATIVO e Vermelho para INATIVO.



2. CONFIGURACOES – (Arquivo – Configurações)

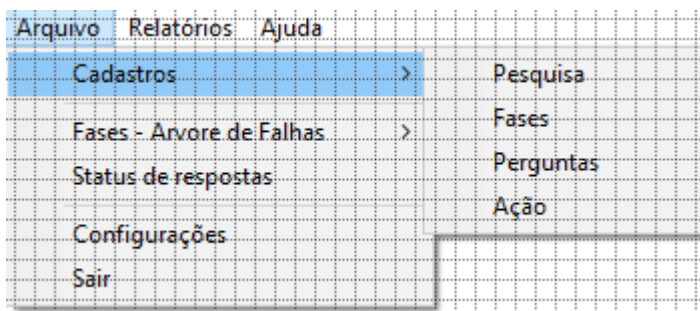
A tela de configurações define as configurações iniciais, e imagem exibida em tela. O campo endereço do servidor deve ser preenchido com o endereço do servidor da api da aplicação onde processa as operações de banco de dados.



Essa tela gera um arquivo chamado aihpos.ini com as configurações locais, essas configurações não são gravadas em banco de dados.

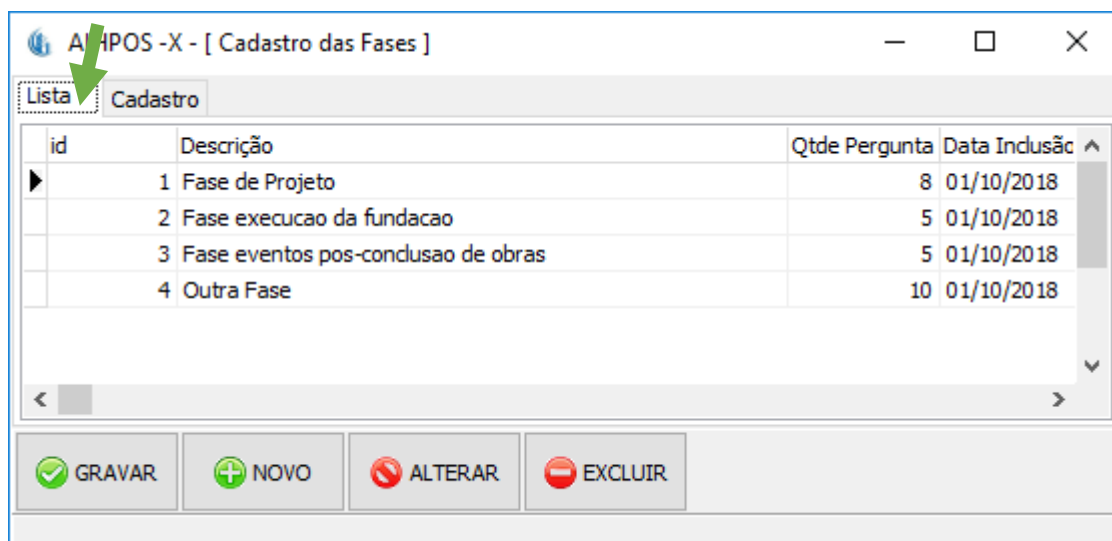
3. CADASTROS – (Arquivo – Cadastros)

Todas as operações com cadastros podem ser acessadas do menu principal do sistema através do item arquivo como mostra a imagem abaixo.



As telas de cadastros são todas padrão com operações gravação, inclusão, alteração e exclusão. Algumas telas podem não permitir exclusão, por se tratar de dados usados como padrões.

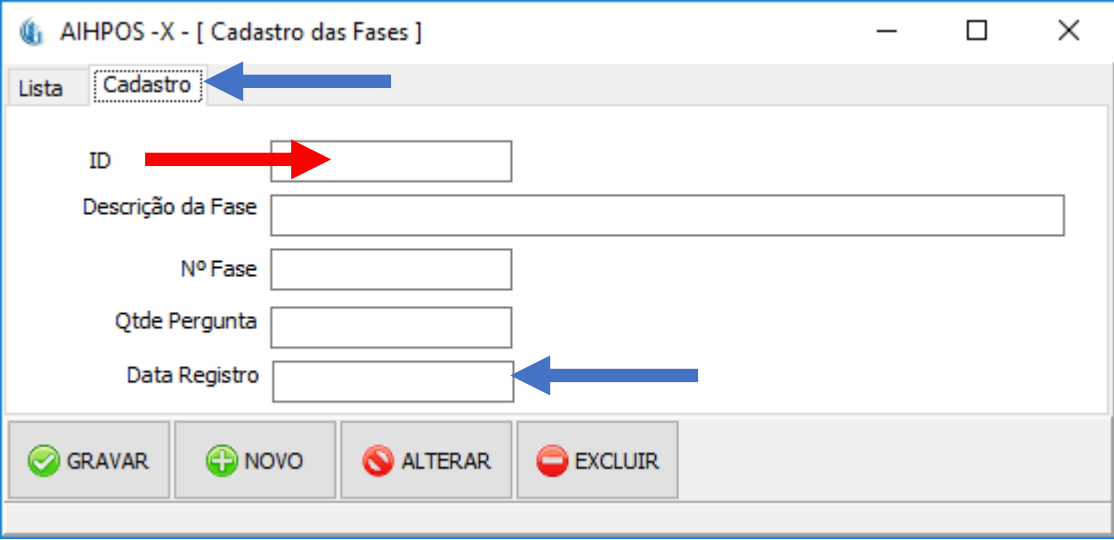
Na primeira aba lista é carregada uma lista com todos os registros contidos no banco de dados para a tela aberta. Para mover o registro para a tela de cadastro basta dar um duplo click sobre o registro selecionado.



A segunda aba da tela de cadastro apresenta as informações do registro propriamente dito. Essa tela traz as informações de registro quando selecionados na aba lista, ou permite a inclusão de novos registros.

Para o campo id identificador do registro não deve ser preenchido nenhuma informação ou alterar qualquer que seja o valor existente. Esse campo é gerado e preenchido automaticamente pelo banco de dados.

Os demais campos são campos de data, texto, quantidade ou número, os campos de números e quantidades são permitidos apenas números inteiros. O campo de texto aceita qualquer tipo texto. O campo de data aceita uma data no formato dd/mm/aaaa.



AIHPOS -X - [Cadastro das Fases]

Lista Cadastro

ID

Descrição da Fase

Nº Fase

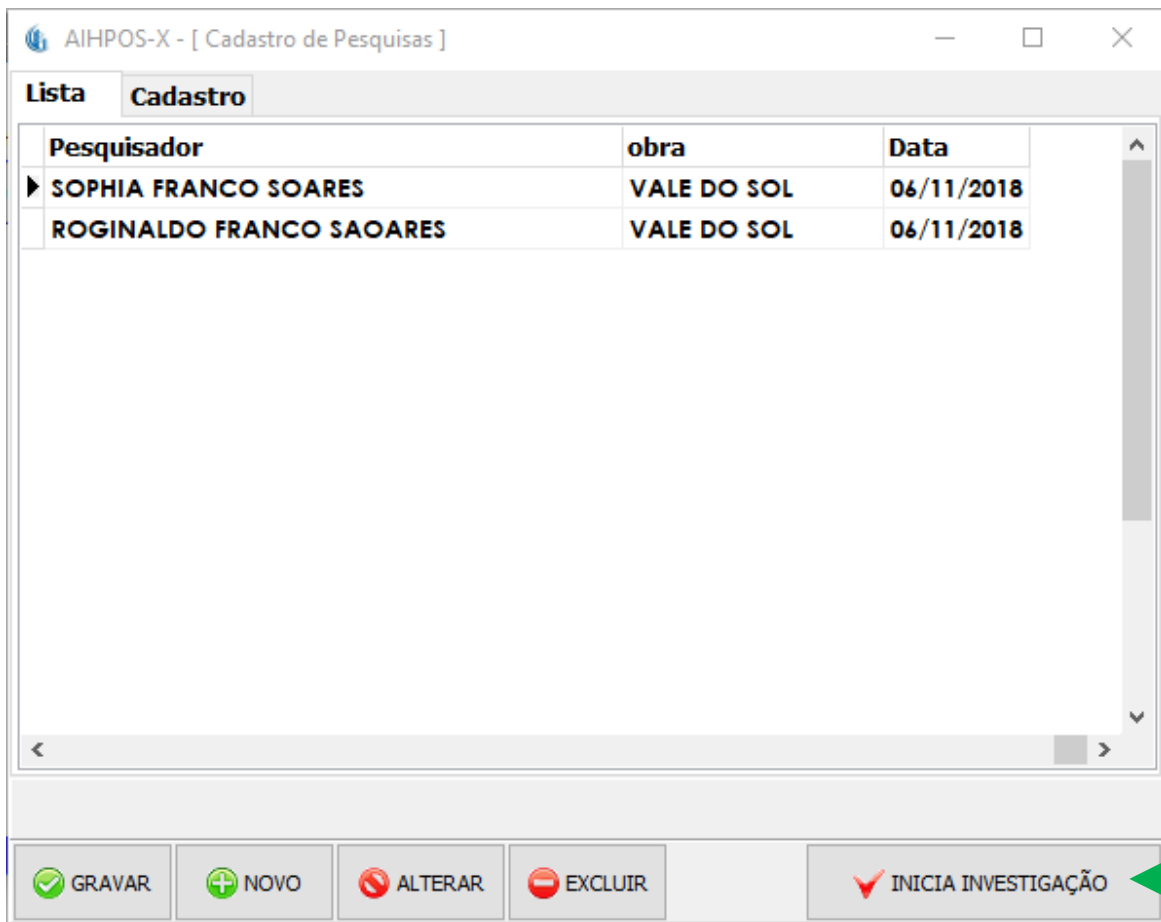
Qtde Pergunta

Data Registro

GRAVAR NOVO ALTERAR EXCLUIR

4. INVESTIGAÇÃO DE PATOLOGIAS

A investigação de patologias faz é parte integrante do cadastro de pesquisa, pois só através da seleção de uma pesquisa cadastrada podemos iniciar a investigação. Ao clicarmos na investigação é carregada a janela na qual iniciamos efetivamente a nossa investigação sobre o método de árvore de falhas.



Pesquisador	obra	Data
▶ SOPHIA FRANCO SOARES	VALE DO SOL	06/11/2018
ROGINALDO FRANCO SAOARES	VALE DO SOL	06/11/2018

GRAVAR NOVO ALTERAR EXCLUIR INICIA INVESTIGAÇÃO

Ao iniciarmos a investigação é carregada o formulário com todas as informações da pesquisa, e todas as informações que devemos dar entrada para apurarmos as informações a cerca do problema encontrada, objeto da investigação.

Intuitivo de fácil utilização o formulário apresenta a questão sobre o status investigando, e logo abaixo botões de navegação. Esses botões dão acesso as perguntas previamente definidas no cadastro de perguntas. Ao entrar essa tela, para iniciar clica-se na opção **primeiro**, seleciona o **sim** ou **não** para com resposta da pergunta e atribui-se um nível de confiança para a resposta. Após a seleção das opções clica-se no botão **Gravar**.

Para o próximo registro de pergunta repete-se os passos acima porem clicando na opção **próximo**. A ainda a possibilidade do usuário carregar uma imagem do tipo JPG que ficara armazenada na pasta onde o sistema esta instalado em uma sub pasta chamada de **ImgPesquisador**.

AIHPOS-X - [Investigação de Mecanismos deflagradores de Patologia]

Numero: **7** Data: **06/12/2018** Obra: **CASO2**

Pesquisador: **ROGINALDO FRANCO** CREA: **12346789-123**

Responsável: **CASO2** Especialista: **PATOLOGIAS FUNDACOES**

Fase: **Fase de Projeto**

Nó Atual: **1** Nó Anterior.: **1** Fase: **1**

Total Nós: **8** Nó Posterior: **2**

.....INVESTIGANDO.....

As cargas do projeto estrutural foram dimensionadas adequadamente?

Primeiro Proximo Anterior Ultimo

Resposta: **NÃO** **SIM** **NENHUM**

Nível de confiança: 00 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

GRAVAR ALTERAR EXCLUIR NOVO

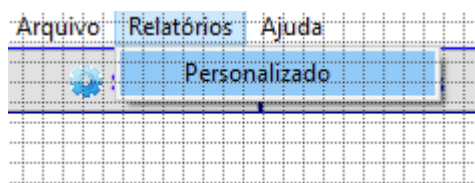
AIHPOS Fundações

1

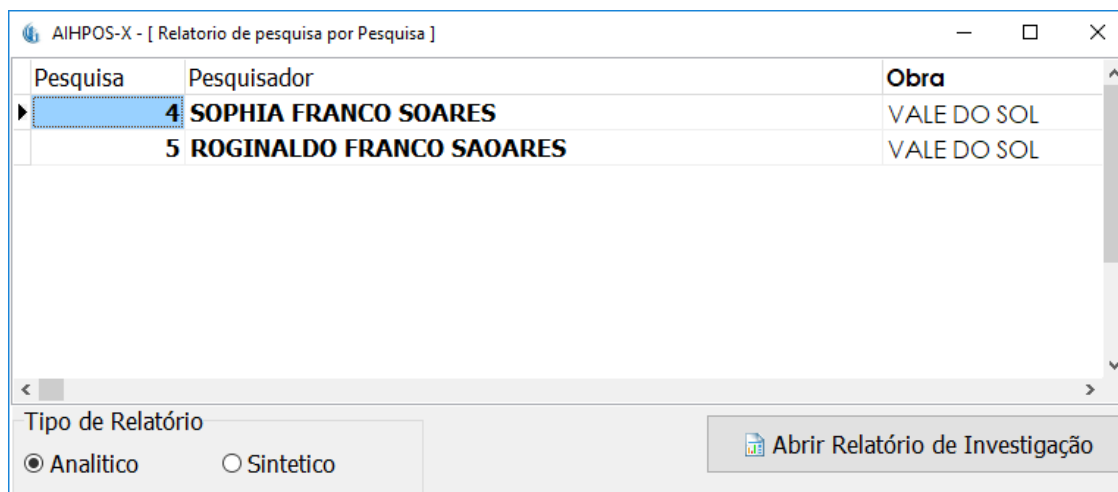
18

5. RELATÓRIOS

Os relatórios podem ser acessos através do menu principal do sistema, como mostrado na figura abaixo.



Ao acessar o menu relatórios personalizado é apresentado um formulário contendo as pesquisas feitas. Para a impressão do relatório deve se selecionar qual tipo de relatório deseja imprimir, analítico ou sintético.



Pesquisa	Pesquisador	Obra
4	SOPHIA FRANCO SOARES	VALE DO SOL
5	ROGINALDO FRANCO SAOARES	VALE DO SOL

Tipo de Relatório
☒ Analítico ☐ Sintético

 Abrir Relatório de Investigação

O relatório analítico traz as informações da pesquisa onde apenas os ramos rompidos pela seleção da opção **não** na investigação. Já o sintético traz toda a pesquisa com todas as informações nela registrada.

Após a seleção deve se dar um duplo click na pesquisa que deseja imprimir ou clicar no botão abaixo **abrir relatório de investigação**. Após esse evento será apresentado um tela com um relatório similar a imagem abaixo.

Página:1

AIHPOS-X RELATÓRIO PATOLOGIA EM FUNDAÇÕES




Autenticidade

Pesquisa:	4	Pesquisador:	SOPHIA FRANCO SOARES
Obra:	VALE DO SOL	Crea:	0123654-789
Responsável:	ROGINALDO FRANCO SOARES	Especialização:	

Pergunta:	Fase de Projeto	Confiança
NAO	As cargas do projeto estrutural foram dimensionadas adequadamente?	70%
70 %		
Cargas de projeto estrutural dimensionadas de maneira incoerente ou não compatibilizadas com o projeto, devido ao sub dimensionamento da fundação, promovendo o aparecimento de fissuras na edificação, em virtude dos recalques que a edificação sofrera. Uma possibilidade de reparo e a readequação do projeto de fundação e reforço de fundação nos pontos afetados. Causa provável - Sub dimensionamento da fundações Possível reparo - Radequação do projeto de fundação e reforço de fundação nos pontos afetados.		

Pergunta:	Fase de Projeto	Confiança
NAO	O numero de sondagens seguiu o minimo especificado pela ABNT NBR 8036/1986	20%
20 %		
Realizar investigacoes Geotecnicas Falta de investigacoes geotecnicas Realizar investigacoes geotecnicas		

Pergunta:	Fase de Projeto	Confiança
NAO	Foram consideradas em projeto, quando existentes, camadas de solo com aterra?	20%
20 %		
Fundações em estacas em aterra ocorrem sobre carga na fundação devido ao atrito negativo, enquanto para fundações rasas o aterra pode ser um fator positivo. No entanto, se há a presença de camadas moles ou compressíveis em profundidade, a bulbo de tensões pode incidir sobre essa camada e causar recalques por adensamento. Em ambos os casos, podem ocorrer recalques devido a erros de dimensionamento, por não se considerar a influencia da camada aterrada ou por se a superestimar, tendo como consequencia o surtimento de patologias. Como se trata de um erro na etapa de projeto, pode-se readequar o projeto de fundação e realizar reforço de fundação através de estacas de grande profundidade (em caso de recalques por adensamento), o que pode ser realizado reforçando o bloco afetado ou através da criação de novas estruturas de fundação. Causa provável - Erro na etapa de projeto. Possível reparo - Radequar o projeto de fundação e realizar reforço da fundação.		