



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL – REI
CAMPUS ALTO PARAPEBA

JULIANA DE PAULA REZENDE
LUIZA CARNEIRO DUQUE

***PLANILHA AUTOMATIZADA PARA
LABORATÓRIO DE INFRAESTRUTURA E
OBRAS GEOTÉCNICAS***

OURO BRANCO - MG

JULHO – 2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL – REI
CAMPUS ALTO PARAPEBA**

**JULIANA DE PAULA REZENDE
LUIZA CARNEIRO DUQUE**

***PLANILHA AUTOMATIZADA PARA
LABORATÓRIO DE INFRAESTRUTURA E
OBRAS GEOTÉCNICAS***

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil – Ênfase em Estruturas Metálicas, da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.Me. Tales Moreira de Oliveira

OURO BRANCO - MG

JULHO – 2016

JULIANA DE PAULA REZENDE

LUIZA CARNEIRO DUQUE

***PLANILHA AUTOMATIZADA PARA LABORATÓRIO DE
INFRAESTRUTURA E OBRAS GEOTÉCNICAS***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de São João del-Rei, como parte dos requisitos para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em ____ / ____ / _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Tales Moreira de Oliveira – UFSJ
(Orientador)

Prof. Dr. Leandro Neves Duarte – UFSJ
(Co- Orientador)

Prof. Paulo Roberto Borges – UFSJ
(Avaliador Interno)

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças à colaboração de muitas pessoas, nossos sinceros agradecimentos:

À Deus, por ter iluminado nossa caminhada nos dando força e saúde para chegar até aqui.

Às nossas famílias e aos que amamos, em especial aos nossos pais, pelo suporte, apoio e amor incondicional, em todos esses cinco anos, nos dando incentivo e coragem para realizar nosso sonho.

Aos amigos que acreditaram e nos apoiaram nesta conquista.

À Universidade Federal de São João del-Rei, pela oportunidade da nossa formação profissional.

A todos os professores da UFSJ, e em especial ao nosso Professor Orientador Tales Moreira de Oliveira, pelo apoio, dedicação e aprendizado durante todas as fases de elaboração do TCC.

Enfim, agradecemos a todos aqueles que de maneira direta ou indireta colaboraram para a realização deste trabalho.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo um alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

RESUMO

Com o avanço da tecnologia da informação, houve a criação de vários softwares, como por exemplo, o AutoCAD, que facilita a elaboração de desenhos, com ferramentas inovadoras e de fácil manuseio, aumentando a produtividade e reduzindo consideravelmente os erros mais frequentes e comuns. Assim, embasado no contexto de que os avanços tecnológicos são importantes para a engenharia. Este trabalho de conclusão de curso visa o desenvolvimento de um software capaz de sistematizar e emitir relatórios a partir da entrada de dados dos ensaios realizados no laboratório de infraestrutura e obras de geotecnia da Universidade Federal de São João del-Rei Campus Alto Paraopeba.

Palavras-chave: Tecnologia da informação. Ensaio geotécnicos e de infraestrutura de vias terrestres.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma do software "LabDelta"	24
Figura 2-Tela inicial do programa.....	25
Figura 3 -Tela de login para acessar o programa.....	26
Figura 4-Tela de informações ao usuário	26
Figura 5-Tela de seleção da modalidade de ensaios	27
Figura 6-Tela para escolher o ensaio	27
Figura 7- Tela com os dados do ensaio de massa específica dos sólidos	28
Figura 8-Tela do resultado do ensaio de massa específica dos sólidos	29
Figura 9- Emissão do relatório final do ensaio de massa específica dos sólidos	29
Figura 10- Relatório do ensaio feito manualmente	30

SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 O SOLO E AS CONSTRUÇÕES CIVIS.....	14
3.2 A CIÊNCIA DA GEOTECNIA E PAVIMENTAÇÃO NAS ÁREAS DE ENGENHARIA CIVIL E GEOLOGIA.....	14
3.3 ENSAIOS GEOTÉCNICOS	15
3.3.1 <i>Ensaios geotécnicos de laboratório</i>	15
3.3.3.1 Ensaio de compactação	15
3.3.3.2 Ensaio Compressão Simples	16
3.3.3.3 Ensaio Permeabilidade carga constante	16
3.3.4 <i>Ensaios geotécnicos de campo</i>	16
3.3.4.1 Sondagem de simples reconhecimento	16
3.3.4.2 Ensaio de prova de carga em placa	16
3.3.4.3 Ensaio funil e areia.....	17
3.3.5 <i>Ensaios geotécnicos de laboratório (caracterização)</i>	17
3.3.5.1 Limites de Consistência	17
3.3.5.2 Massa específica dos sólidos.....	18
3.3.5.3 Ensaio equivalente de areia	18
3.4 ENSAIOS DE PAVIMENTAÇÃO	18
3.4.3 <i>Ensaio de extração de betume (Rotarex)</i>	18
3.4.4 <i>Ensaio de Adesividade</i>	18
3.4.5 <i>Ensaio Ponto de fulgor</i>	19
3.4.6 <i>Ensaio de Penetração</i>	19
3.4.7 <i>Ensaio de Ponto de Amolecimento</i>	19
3.5 SOFTWARES NA ENGENHARIA CIVIL	19
3.6 LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO	21
3.7 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO	21
3.8 VBA - VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS.....	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 METODOLOGIA APLICADA	23
4.2 MATERIAIS.....	23
4.3 SEQUÊNCIA DE FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE.....	25
5.1.1 <i>Apresentação inicial</i>	25
5.1.2 <i>Identificação do usuário</i>	26
5.1.3 <i>Informações ao usuário</i>	26
5.1.4 <i>Modalidades de ensaios de geotecnia e pavimentação</i>	27
5.1.5 <i>Ensaios geotécnicos de laboratório (caracterização)</i>	27
5.1.6 <i>Impressão da folha de rosto</i>	28

5.1.7	<i>Entrada de dados do laboratório</i>	28
5.1.8	<i>Cálculo de todos os parâmetros do ensaio</i>	28
5.1.9	<i>Emissão do relatório de ensaio</i>	29
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
	APÊNDICES	35

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Com a globalização, houve melhoria na comunicação, no desenvolvimento de sistemas computacionais atrelados à produção de processadores mais velozes e no aumento da capacidade de armazenamento de dados nos computadores (KIMURA, 2007).

Diante desses acontecimentos supracitados o mercado de trabalho tornou-se mais competitivo, visto que neste contexto cada vez mais é exigido maior rapidez, confiabilidade e qualidade nos serviços prestados.

A revolução tecnológica ofereceu grandes facilidades nas resoluções dos cálculos de engenharia civil, cálculos complicados que por muitos anos foram resolvidos por engenheiros de forma analítica e trabalhosa (MATOS, 2009).

Atualmente no mercado da engenharia existem vários softwares que facilitam a elaboração dos projetos, com ferramentas inovadoras e de fácil manuseio, melhorando a produtividade e reduzindo consideravelmente os erros mais frequentes e comuns. Um exemplo real dessa citação é o AutoCAD, software criado pela Autodesk destinado a elaboração de desenhos técnicos.

Para cada ramo da engenharia os profissionais têm cada vez mais se empenhado a desenvolver ferramentas eletrônicas para auxiliar desde a concepção do projeto até a fase final (MATOS, 2009).

Assim, baseado neste contexto de que os avanços tecnológicos são importantes para a engenharia civil, este trabalho de conclusão de curso teve como propósito a criação de uma nova ferramenta eletrônica capaz de otimizar a emissão dos resultados em relatórios a partir da entrada de dados do laboratório de infraestrutura e obras de geotecnia.

O software foi elaborado em Visual Basic for Applications (VBA) e as principais fontes de consulta para os estudos serão livros acadêmicos, sites oficiais e fóruns, a fim de identificar a forma correta de se desenvolver o algoritmo indicado para este tipo de aplicação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho de conclusão de curso teve como objetivo elaborar um software capaz de sistematizar e emitir relatórios a partir da entrada de dados do laboratório de infraestrutura e obras de geotecnia da Universidade Federal de São João del-Rei.

2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos relacionados ao objetivo geral, citam-se:

- desenvolver através do Excel, planilha de cálculo referente a cada ensaio de laboratório de geotecnia e pavimentação;
- vincular todas as planilhas desenvolvidas em um único arquivo do Excel;
- ocultar todas as planilhas por meio da ferramenta Visual Basic for Applications (VBA) do Excel;
- criar um painel geral capaz de acessar essas planilhas em VBA;
- gerar um compilador de dados para emissão de relatórios em VBA.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O solo e as construções civis

Os solos são compostos por um conjunto de partículas com água e ar nos espaços intermediários. As partículas, de modo geral, são encontradas livres para deslocar-se entre si (PINTO, 2006).

Os solos são oriundos do processo conhecido como intemperismo, ou seja, um conjunto de fenômenos físicos, químicos e biológicos que provocam a degradação da rocha (ORTIGÃO, 2007).

Todas as construções de engenharia civil são apoiadas sobre o terreno e impreterivelmente necessitam que o comportamento do solo seja devidamente considerado. As inúmeras desigualdades de comportamento dos solos conduziram ao seu natural agrupamento em diferentes conjuntos, aos quais podem ser atribuídas algumas propriedades. Os sistemas de classificação têm como objetivo a definição de grupos que possuem comportamentos semelhantes sob os aspectos de interesse da engenharia civil, estes sistemas se baseiam nos índices de Atterberg e na composição granulométrica (PINTO, 2006).

3.2 A ciência da geotecnia e pavimentação nas áreas de engenharia civil e geologia.

De acordo com Ortigão (2007), o significado do que é o solo varia de acordo com quem o utiliza. Para o engenheiro civil, o solo é constituído por um aglomerado de partículas originárias da decomposição da rocha, que podem ser fáceis de serem escavados sem utilizar explosivos, e que são empregados como material de construção ou de base para estruturas.

Para o geólogo o solo é conhecido também como manto ou regolito. E pode ser definido como depósitos não consolidados de partículas sólidas geradas pela desintegração mecânica ou química das rochas prescindindo do fato de possuírem ou não material orgânico (CAPUTO, 1988).

A maioria dos projetos de pavimentação e geotécnicos são executados com base em ensaios, cujos resultados admitem uma definição satisfatória da estratigrafia do subsolo e uma estimativa real das propriedades geomecânicas dos materiais envolvidos. O reconhecimento das condições do solo é uma importante ferramenta para a elaboração de projetos de engenharia civil seguros e econômicos(SCHNAID, 2000).

No exercício profissional, engenheiros civis e geólogos, realizam atribuições complementares uma das outras, havendo uma sobreposição de conhecimentos. Compete ao geólogo apresentar ao engenheiro civil os levantamentos e toda investigação do terreno. Já o engenheiro civil possui a função de projetar e construir as obras utilizando os levantamentos geológicos e solicitando, quando necessário, novos dados. Na prática, essas atividades não são bem delimitadas (MARANGON, 1995).

3.3 Ensaios Geotécnicos

Para elaboração de projetos de geotecnia é necessário conhecer de forma adequada o solo, ou seja, identificar e classificar as diversas camadas que o compõem. Isso pode ser obtido através de ensaios de investigação (ou prospecção) geotécnica, classificados em: ensaios de laboratório e ensaios de campo (QUARESMA et al., 1998).

3.3.1 Ensaios geotécnicos de laboratório

3.3.3.1 Ensaio de compactação

Conforme Schnaid (2000), o ensaio de compactação é um processo mecânico que consiste na aplicação repetida de cargas ao solo, por meio da remoção de ar. O grau de compactação do solo é medido com base no peso específico aparente. A compactação pode ser realizada utilizando-se diferentes valores de energia (Proctor Normal, Intermediário e Modificado). O ensaio é normalizado pela ABNT NBR 7182/1986.

3.3.3.2 Ensaio Compressão Simples

O ensaio de compressão simples consiste em colocar uma amostra de solo cilíndrica entre dois pratos de uma prensa e aplicar sobre ele uma força axial a uma velocidade constante. Aumenta-se progressivamente a carga aplicada sobre o corpo de prova, até que o mesmo chegue ao seu limite e aconteça a ruptura. Traça-se então a curva tensão-deformação (CAPUTO, 1988). O ensaio é normalizado pelo DNER-IE 004/94.

3.3.3.3 Ensaio Permeabilidade carga constante

Para o ensaio de permeabilidade de carga constante, o abastecimento da água na entrada do permeâmetro é ajustado de forma que a diferença de carga entre a entrada e a saída continue constante durante todo o período do ensaio. Este tipo de ensaio é usado para os solos granulares (solos com razoável quantidade de areia e/ou pedregulho), os quais apresentam valores de permeabilidade muito altos (DAS, 2011). O ensaio é normalizado pela ABNT NBR 13292/1995.

3.3.4 Ensaios geotécnicos de campo

3.3.4.1 Sondagem de simples reconhecimento

O ensaio de sondagem a trado consiste em um método de investigação geológico-geotécnica que utiliza como equipamento o trado, um tipo de amostrador de solo no formato de cavadeira ou helicoidal. O objetivo deste ensaio é coletar amostras deformadas, determinar o nível d'água, as espessuras e identificar os horizontes do terreno. O ensaio é normalizado pela ABNT NBR 9603/1986.

3.3.4.2 Ensaio de prova de carga em placa

O ensaio de prova de carga em placa é realizado para determinar a capacidade de carga do solo para fundações rasas. Essa placa é assentada sobre o solo no fundo da cava, e uma carga controlada é aplicada a ela. Depois desta aplicação, a carga é mantida durante um longo intervalo de tempo sendo o suficiente para que o recalque ocorra. Quando o recalque da placa se torna desprezível, outra carga controlada é

aplicada. Sendo assim, um gráfico da carga em função do recalque pode ser traçado (DAS, 2011). O ensaio é normalizado pela ABNT NBR 12131/2006.

3.3.4.3 Ensaio funil e areia

O ensaio funil e areia tem como objetivo determinar a massa específica aparente “in situ” do solo por meio do emprego do frasco de areia. Este ensaio é realizado em três etapas, sendo que a primeira etapa consiste em determinar a massa da areia que preenche o funil e o orifício no rebaixo da bandeja. Já na segunda etapa encontra-se a massa específica aparente da areia e na última etapa é definida a massa de areia que preenche a cavidade no terreno e o grau de compactação do solo. Os procedimentos para a realização das três etapas do ensaio estão descritas na ABNT NBR 7185/1986.

3.3.5 Ensaios geotécnicos de laboratório (caracterização)

A caracterização física do solo se dá a partir do conhecimento de suas propriedades, entre elas a granulometria, os índices físicos e os limites de Atterberg (ORTIGÃO, 2007).

3.3.5.1 Limites de Consistência

O teor de umidade no ponto de transição do estado semi-sólido para o plástico é definido como limite de plasticidade e do estado plástico para o estado líquido é o limite de liquidez. Esses dois parâmetros são denominados de limites de Atterberg.

A determinação do Limite de Liquidez (LL) de um solo corresponde ao teor de umidade com que uma pasta de solo colocada no interior da concha do aparelho de Casagrande, fecha uma ranhura previamente aberta. Já o ensaio do Limite de Plasticidade (LP) é realizado manualmente através de rolamentos repetidos de uma massa de solo de forma elipsoidal sobre uma placa de vidro esmerilado (DAS, 2011).

Os ensaios Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade são normalizados respectivamente pela ABNT: NBR 6459/ 1984 e NBR 7180/ 1984.

3.3.5.2 Massa específica dos sólidos

O ensaio de massa específica dos sólidos tem como objetivo determinar a massa específica dos grãos dos solos que passam pela peneira de 4,8mm, por meio de um picnômetro e através da realização de pelo menos dois ensaios. O ensaio é normalizado pela ABNT NBR 6508/1984.

3.3.5.3 Ensaio equivalente de areia

O ensaio de equivalente de areia consiste em agitar vigorosamente uma proveta que possui em seu interior uma amostra de solo arenoso e uma solução floculante. Após essa agitação a amostra é deixada em repouso para finalmente determinar a relação entre a altura da areia e a altura da suspensão argilosa (CAPUTO, 1988). O ensaio é normalizado pela ABNT NBR 12052/1992.

3.4 Ensaios de pavimentação

O asfalto é um material termoviscoelástico, ou seja, a maioria dos ensaios realizados para medir as propriedades físicas dos ligantes asfálticos possui uma temperatura específica e definem também o tempo e a velocidade de carregamento (BERNUCCI, 2008).

3.4.3 Ensaio de extração de betume (Rotarex)

O ensaio de extração de betume consiste em determinar a porcentagem de betume extraído de misturas betuminosas, através do extrator centrífugo. Adiciona-se à amostra um solvente de forma que pela rotação do aparelho este escoe do agregado. Esta amostra é levada à estufa para que o restante do solvente que ainda está presente evapore. O agregado recuperado, depois de seco será pesado. O peso da amostra antes do ensaio menos a do agregado recuperado fornece o peso do betume extraído. O ensaio é normalizado pelo DNER-ME 053/94.

3.4.4 Ensaio de Adesividade

Um agregado que será utilizado em misturas asfálticas pode ser rejeitado quando a película de ligante asfáltico desloca da superfície do agregado. Tendo como

consequência, a perda de resistência da camada de revestimento asfáltico conduzindo à aceleração do processo de trincamento, desagregação e abertura de buracos, diminuindo significadamente a vida útil dos pavimentos (CERATTI; REIS 2011). O ensaio é normalizado pelo DNER-ME 078/1994.

3.4.5 Ensaio Ponto de fulgor

Para Ceratti e Reis (2011), o ponto de fulgor é um ensaio que tem por finalidade averiguar a segurança de manuseio do ligante asfáltico durante o transporte, a estocagem e a usinagem. Informando assim, a menor temperatura em que os vapores provindos do seu aquecimento inflamam na presença da chama em condições padronizadas. O ensaio é normalizado pela ABNT NBR11341/2008.

3.4.6 Ensaio de Penetração

A penetração é a profundidade, em décimos de milímetros, que uma agulha de massa conhecida penetra em uma amostra de volume padronizado de CAP ou de asfalto modificado, durante cinco segundos, a uma temperatura de 25°C. Sendo a consistência do ligante asfáltico inversamente proporcional á penetração da agulha (CERATTI; REIS 2011). O ensaio é normalizado pela ABNT NBR6576/2007.

3.4.7 Ensaio de Ponto de Amolecimento

O ponto de amolecimento é uma grandeza que correlaciona a temperatura na qual o ligante asfáltico amolece quando aquecido sob parâmetros específicos e atinge uma determinada condição de escoamento. Quando o ligante amolece o suficiente para não mais suportar o peso da bola padronizada, a bola e o asfalto deslocam-se em direção ao fundo do béquer, obtendo assim, o ponto de amolecimento (CERATTI; REIS, 2011). O ensaio é normalizado pela ABNT NBR 6560/2008.

3.5 Softwares na Engenharia Civil

Segundo Matos (2010), o software é um aglomerado de informações lógicas. Um mecanismo que ligado ao computador é capaz de realizar diversas funções pré-programadas utilizando banco de dados e uma estrutura operacional já determinada.

Para desenvolver um programa, o profissional precisa obter todas as informações sobre a atividade que será informatizada e, somente depois da obtenção de todo o conteúdo necessário é que o programador vai para o computador para desenvolver o software.

Devido à falta de um sistema capaz de gerenciar os diversos ensaios realizados em um laboratório de mecânica dos solos levou o Grupo de Geotecnia da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia a desenvolver um software denominado LABGEO para suprir tal carência (CAMPOS; SILVA, 2002).

LABGEO – software utilizado para gerenciamento, cálculo e emissão de relatório para laboratórios de mecânica dos solos. Este programa permite uma melhoria na qualidade e no tempo dos cálculos realizados para os ensaios de geotecnia, atendendo plenamente os seus objetivos (CAMPOS; SILVA, 2002).

A disponibilidade crescente de recursos computacionais cada vez mais difundidos abre espaço para emprego de ferramentas de análise mais poderosas, antes desprezada devido a dificuldade de sua aplicação, sob esse ponto de vista, pode-se citar, por exemplo, alguns softwares desenvolvidos para atender a engenharia civil em suas diversas áreas visando a melhoria da qualidade e a eficiência dos serviços prestados, atendendo dessa maneira a competitividade, os padrões de qualidade exigidos, a segurança e a questão ambiental entre outros requisitos que exige dos engenheiros auto poder de análise e síntese nos projetos em que atuam (MENDONÇA, 2005).

O Geo5, GeoStudio e Rocscience são softwares que contém pacotes de programas destinados à solução de problemas geotécnicos enquanto as ferramentas DataGeosis, TopoGraph, TopoEVN estão relacionados à topografia. No ramo de análise e cálculos estruturais o CAD/TQS, SAP 2000, Ansys, Multicalc, F-Tool, Eberick, CypeCAD são amplamente utilizados. Já o HYDROCALC, Hydros, PREDIAL 3.0, QCPro, PRO-Elétrica e Luminus V4 são utilizados para elaboração e dimensionamento da parte hidráulica e elétrica.

3.6 Lógica de programação

Para Eberspacher e Forbellone (2005), a lógica de programação pode ser expressa como o uso adequado das leis de pensamento, com o intuito de racionalizar e desenvolver técnicas que colaboram para que a produção de soluções sejam válidas e coerentes, resolvendo com qualidade os problemas que se deseja programar. O raciocínio pode ser considerado como algo abstrato, mas os seres humanos possuem a capacidade de expressá-lo por meio da fala ou da escrita, que por sua vez é baseado em um determinado idioma, e este segue uma sequência de padrões definidos pela gramática. Este raciocínio pode ser expresso em vários idiomas existentes, mas continuará retratando o mesmo assunto, usando apenas outra forma de convenção. A mesma coisa acontece com a lógica de programação, que pode ser representada em qualquer das inúmeras linguagens de programação existentes.

3.7 Linguagem de programação

Um algoritmo tem como finalidade representar precisamente o raciocínio envolvido na lógica da programação e permitir abstrair vários detalhes computacionais, que podem ser acrescentados posteriormente. Assim, a atenção é concentrada naquilo que seja importante: a lógica da construção de algoritmos. Uma vez concebida a solução algorítmica para um problema, esta pode ser traduzida para qualquer linguagem de programação e ser acrescentada as diversas funcionalidades presentes nos diversos ambientes, denominado de processo de codificação (EBERSPACHER; FORBELLONE, 2005).

As linguagens existentes para elaboração de um determinado software podem ser, por exemplo, Visual Basic, Java, C++, Matlab, Delphi, Fortran, PHP, entre outras. No entanto, o programador analisará qual linguagem será mais adequada para atender a necessidade do programa, obtendo assim, um software simples e o menos problemático possível.

3.8 VBA - Visual Basic for Applications

De acordo com Silva (2009), a linguagem de programação VBA (Visual Basic for Applications) permite automatizar a elaboração de várias tarefas rotineiras ao

Microsoft Office, entre as quais o Excel e o Word. É considerada uma adaptação da linguagem genérica de programação Visual Basic de forma a ser utilizada no ambiente específico das aplicações do Office. O VBA é uma importante ferramenta nas mãos de programadores experientes, mas pode também ser muito útil a qualquer pessoa, mesmo inexperiente, pois é fácil de ser utilizada. Ele contém macros que são instruções a serem realizadas para executar uma determinada tarefa e atingir um objetivo específico, ou seja, pode-se dizer que é uma descrição formalizada das tarefas que se deseja automatizar. Esta linguagem tornou-se muito comum devido ao sucesso do sistema operacional Windows, que fornece uma interface amigável ao usuário e inúmeras ferramentas de desenvolvimento.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Metodologia aplicada

Primeiramente foi desenvolvido um estudo com pesquisa em normas técnicas, livros, artigos e trabalhos científicos sobre ensaios de infraestrutura e obras de geotecnia com a finalidade de se obter maior esclarecimento e convicção das idéias para desenvolver o software. A partir do estudo supracitado iniciou-se no Excel a elaboração das planilhas dos ensaios com seus respectivos cálculos. A próxima fase consistiu em definir a linguagem de programação mais adequada para elaborar o software e a sua posterior programação, baseado na literatura consultada. Em seguida, definiu-se como linguagem a ferramenta Visual Basic for Applications (VBA) do Excel para a construção do software. A última etapa consistiu em comparar os resultados emitidos pelo software com os cálculos realizados manualmente.

4.2 Materiais

Na elaboração do software, foi utilizado o Excel da Microsoft, que em sua interface possui uma aba denominada de “Desenvolvedor”, esta deve estar habilitada na faixa de opções. O “Desenvolvedor” permite criar, executar e excluir “Macros”. A interface gráfica do software foi desenvolvida por meio da ferramenta “Userform” que contém uma sequência de códigos para executar todas as funções do programa. A série de comandos deverá ser realizada de forma correta para que o software possa ter um bom funcionamento.

4.3 Sequência de funcionamento do software

Para melhor entendimento de como será programado o software foi elaborado um fluxograma que apresenta a sequência de funcionamento desde o seu início até o final, como pode ser visto pela Figura 1.

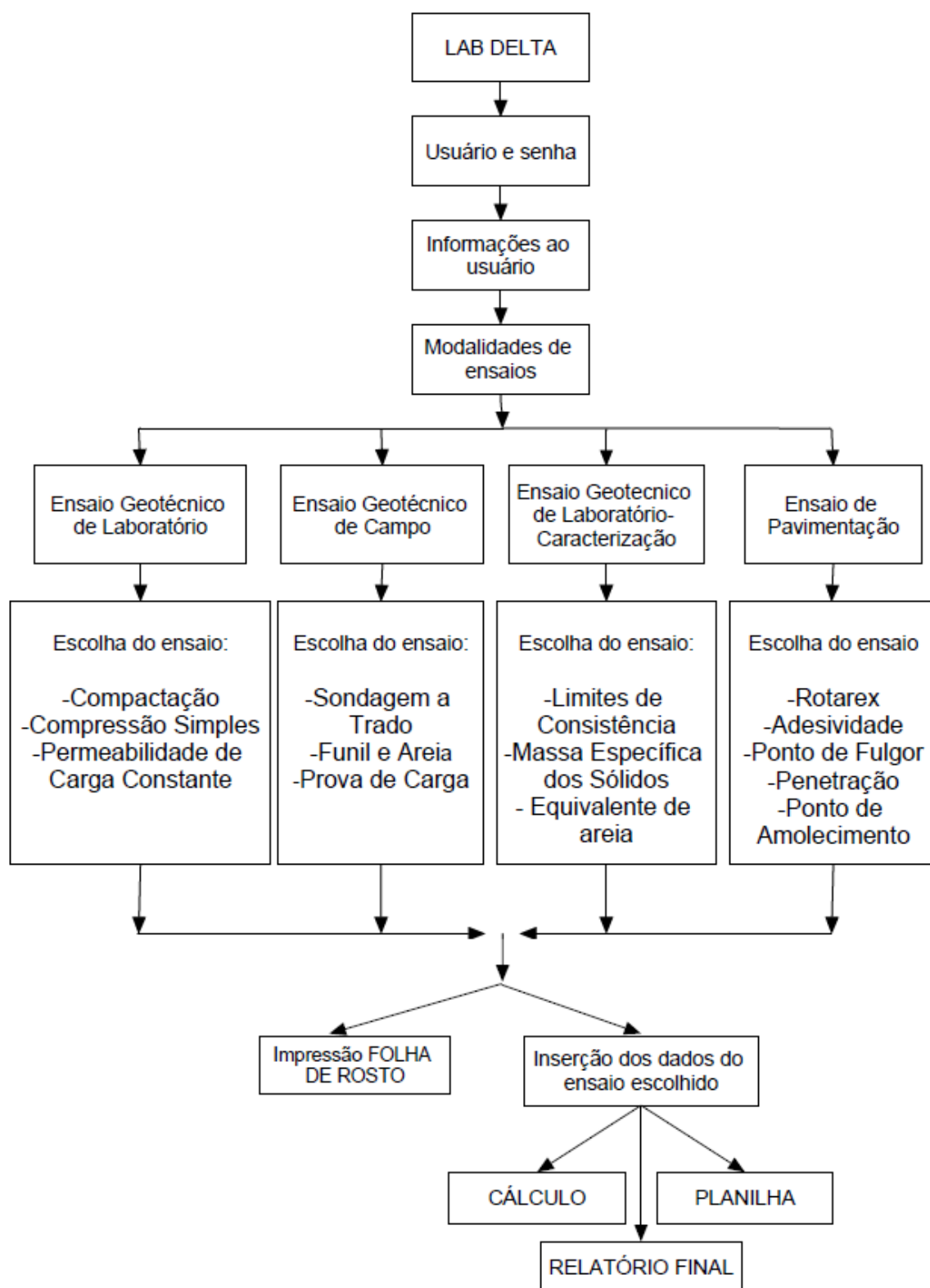


Figura 1- Fluxograma do software “LabDelta”

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O software elaborado foi denominado de “Lab Delta”. Ele apresenta uma interface gráfica com requisitos como rapidez, eficiência e confiabilidade nos resultados. A interação entre o usuário e o programa permite a fácil obtenção dos relatórios a partir da entrada dos dados dos ensaios.

5.1 Desenvolvimento do software

5.1.1 Apresentação inicial

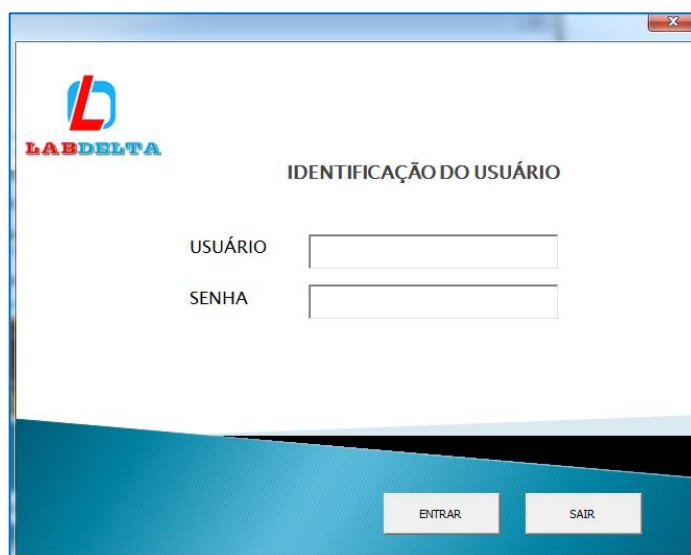
A Figura 2 mostra a tela de abertura do software na qual foram exibidos os logotipos e a apresentação inicial do programa. Clicando no botão continuar o usuário terá acesso às funções do mesmo que serão apresentadas a seguir.



Figura 2-Tela inicial do programa

5.1.2 Identificação do usuário

A Figura 3 apresenta a tela onde o usuário deverá inserir o nome e a senha para ter acesso ao programa.

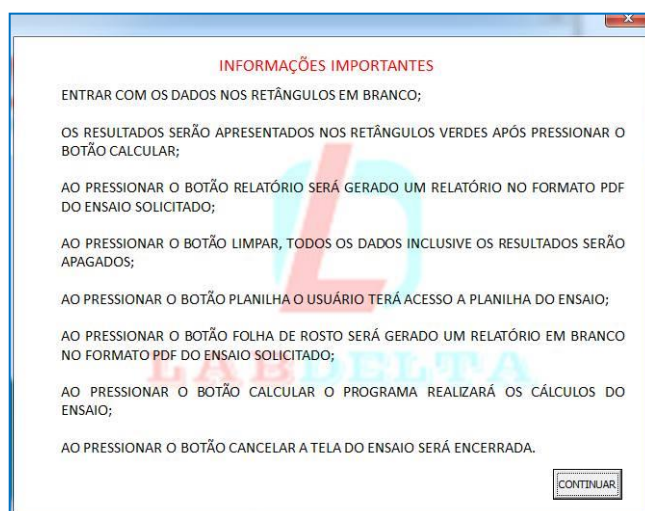


A imagem mostra uma janela de login com o logotipo 'LABDELTA' no canto superior esquerdo. O título centralizado é 'IDENTIFICAÇÃO DO USUÁRIO'. Abaixo dele, há dois campos de entrada: 'USUÁRIO' e 'SENHA'. Na base da janela, há dois botões: 'ENTRAR' e 'SAIR'.

Figura 3 -Tela de login para acessar o programa

5.1.3 Informações ao usuário

Após a validação dos dados de login, o usuário é direcionado para uma tela onde constam algumas informações importantes de como utilizar o programa, bem como do funcionamento do mesmo (Figura 4). Ao clicar no botão “CONTINUAR” uma nova tela será exibida mostrada na Figura 5.



A imagem mostra uma janela de informações com o título 'INFORMAÇÕES IMPORTANTES'. O texto dentro da janela fornece instruções de uso do programa:

- ENTRAR COM OS DADOS NOS RETÂNGULOS EM BRANCO;
- OS RESULTADOS SERÃO APRESENTADOS NOS RETÂNGULOS VERDES APÓS PRESSIONAR O BOTÃO CALCULAR;
- AO PRESSIONAR O BOTÃO RELATÓRIO SERÁ GERADO UM RELATÓRIO NO FORMATO PDF DO ENSAIO SOLICITADO;
- AO PRESSIONAR O BOTÃO LIMPAR, TODOS OS DADOS INCLUSIVE OS RESULTADOS SERÃO APAGADOS;
- AO PRESSIONAR O BOTÃO PLANILHA O USUÁRIO TERÁ ACESSO A PLANILHA DO ENSAIO;
- AO PRESSIONAR O BOTÃO FOLHA DE ROSTO SERÁ GERADO UM RELATÓRIO EM BRANCO NO FORMATO PDF DO ENSAIO SOLICITADO;
- AO PRESSIONAR O BOTÃO CALCULAR O PROGRAMA REALIZARÁ OS CÁLCULOS DO ENSAIO;
- AO PRESSIONAR O BOTÃO CANCELAR A TELA DO ENSAIO SERÁ ENCERRADA.

Um botão 'CONTINUAR' está localizado no canto inferior direito da janela.

Figura 4-Tela de informações ao usuário

5.1.4 Modalidades de ensaios de geotecnia e pavimentação

A Figura 5 mostra as modalidades de ensaios de geotecnia e pavimentação presentes no programa nas quais o usuário poderá escolher. Para fins de demonstração do programa foi escolhido o ensaio geotécnico de caracterização.

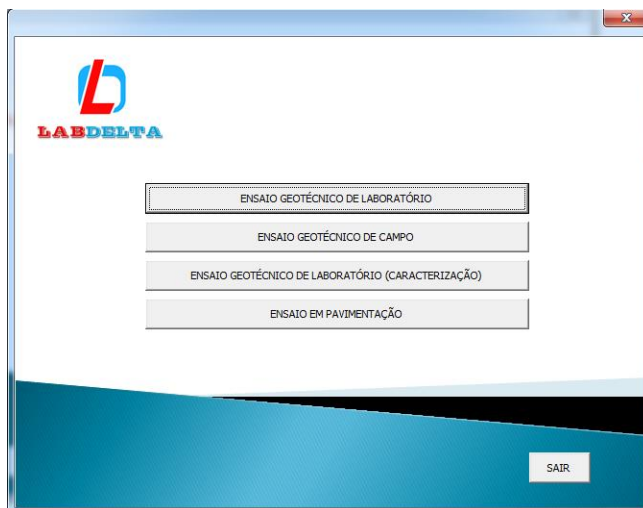


Figura 5-Tela de seleção da modalidade de ensaios

5.1.5 Ensaios geotécnicos de laboratório (caracterização)

A Figura 6 mostra a tela na qual estão presentes os ensaios específicos de caracterização. O usuário deverá escolher qual ensaio deseja realizar os cálculos e obter o relatório final. Para este caso, foi escolhido o ensaio de massa específica dos sólidos.

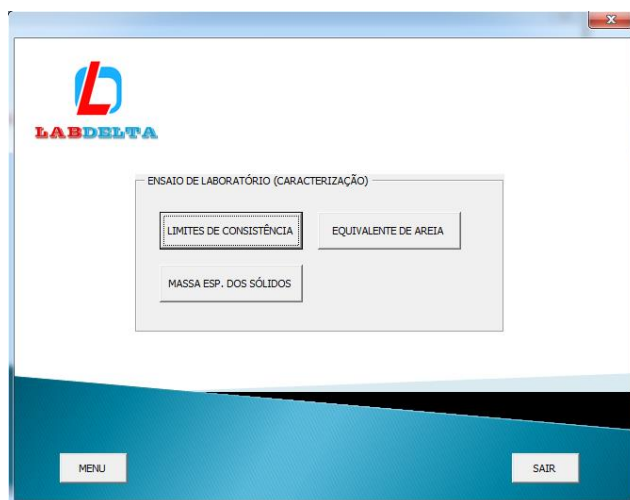


Figura 6-Tela para escolher o ensaio

5.1.6 Impressão da folha de rosto

O software possui um botão denominado “FOLHA DE ROSTO” onde o usuário poderá imprimir uma planilha em branco que deverá ser preenchida manualmente com dados obtidos no laboratório para posteriormente lançá-los no programa e gerar os resultados. Essas planilhas encontram-se nos Apêndices.

5.1.7 Entrada de dados do laboratório

Após a escolha do ensaio abrirá uma tela mostrada pela Figura 7 onde o usuário deverá inserir os parâmetros solicitados nos retângulos de coloração branca.

DADOS SOBRE O SOLO			
TEOR DE UMIDADE			
CAPSULA Nº	24	108	31
CAPSULA + SOLO UMIDO (g)	45.01	55.65	55.09
CAPSULA + SOLO SECO (g)	44.72	55.25	54.62
TARA DA CAPSULA (g)	22.88	28.32	22.44
MASSA DA ÁGUA (g)			
MASSA DO SOLO SECO (g)			
TEOR DE UMIDADE (%)			

MASSA DE SOLO SECO		ANTES	DEPOIS
CAPSULA Nº			1
MASSA BRUTA SECA (g)			458.03
TARA DA CAPSULA (g)			384.12
MASSA SOLO UMIDO (g)	75		
TEOR DE UMIDADE MÉDIO (%)			
MASSA DO SOLO SECO (g)			

DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DOS SOLOS					
	1	2	3	4	5
MASSA DO PICOENÓMETRO + MASSA DO SOLO + MASSA DA ÁGUA (g)	693.58	693.10	692.50	691.84	691.58
TEMPERATURA DO ENSAIO (C°)	12	17.5	25	29.5	34
MASSA DO PICOENÓMETRO + MASSA DA ÁGUA (g)	647.25	646.75	646.10	645.55	645
MASSA DO SOLO SECO (g)					
MASSA ESPECÍFICA DA ÁGUA (g/cm ³)					
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS (g/cm ³)					
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS MÉDIO (g/cm ³)					

OBS: CASO QUEIRA ELIMINAR ALGUMA DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BASTA ATRIBUIR O VALOR '0' NOS DADOS DE ENTRADA QUE ESSAS NÃO ENTRARÃO NOS CÁLCULOS.

FOLHA DE ROSTO PLANILHA CALCULAR
CANCELAR LIMPAR RELATÓRIO

Figura 7- Tela com os dados do ensaio de massa específica dos sólidos

5.1.8 Cálculo de todos os parâmetros do ensaio

Ao preencher todos os dados o usuário deverá clicar no botão “CALCULAR” para que o programa forneça os resultados gerados nos retângulos na coloração verde representado pela Figura 8. E ao clicar no botão “PLANILHA” o usuário terá acesso à planilha no Excel onde poderá fazer qualquer alteração que seja necessária.

Massa específica dos sólidos

DADOS SOBRE O SOLO

TEOR DE UMIDADE

CAPSULA Nº	24	108	31
CAPSULA + SOLO UMIDO (g)	45.01	55.65	55.09
CAPSULA + SOLO SECO (g)	44.72	55.25	54.62
TARA DA CAPSULA (g)	22.88	26.32	22.44
MASSA DA ÁGUA (g)	0,28999	0,39999	0,47000
MASSA DO SOLO SECO (g)	21,84	28,93	32,18
TEOR DE UMIDADE (%)	1,32783	1,38264	1,46053

MASSA DE SOLO SECO

ANTES DEPOIS

CAPSULA Nº	1
MASSA BRUTA SECA (g)	458.03
TARA DA CAPSULA (g)	384.12
MASSA SOLO UMIDO (g)	75
TEOR DE UMIDADE MÉDIO (%)	1,39034
MASSA DO SOLO SECO (g)	73,9715

DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DOS SOLOS

	1	2	3	4	5
MASSA DO PICNÔMETRO + MASSA DO SOLO + MASSA DA ÁGUA (g)	693.58	693.10	692.50	691.84	691.58
TEMPERATURA DO ENSAIO (C°)	12	17.5	25	29.5	34
MASSA DO PICNÔMETRO + MASSA DA ÁGUA (g)	647.25	646.75	646.10	645.55	645
MASSA DO SOLO SECO (g)	73,9715	73,9715	73,9715	73,9715	73,9715
MASSA ESPECÍFICA DA ÁGUA (g/cm ³)	0.9995	0.9988	0.9971	0.9960	0.9944
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS (g/cm ³)	2,67610	2,67803	2,68289	2,67223	2,70052
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS MÉDIO (g/cm ³)	2,68195819444495				

OBS: CASO QUEIRA ELIMINAR ALGUMA DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BASTA ATRIBUIR O VALOR "0" NOS DADOS DE ENTRADA QUE ESSAS NÃO ENTRARÃO NOS CÁLCULOS.

FOLHA DE ROSTO PLANILHA CALCULAR

CANCELAR LIMPAR RELATÓRIO

Figura 8-Tela do resultado do ensaio de massa específica dos sólidos

5.1.9 Emissão do relatório de ensaio

Ao clicar no botão “RELATÓRIO” o usuário obterá o relatório final do ensaio escolhido no formato pdf que será salvo imediatamente na área de trabalho. A Figura 9 mostra o relatório do ensaio massa específica dos sólidos.



		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAÓPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS					ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS	
PROCEDÊNCIA	UFSJ - CAMPUS ALTO PARAÓPEBA							
CLASSIFICAÇÃO	AREIA MÉDIA							
SONDAGEM Nº	2	PROFUNDIDADE	1 m	AMOSTRA	2			
PICNÔMETRO Nº	1	OPERADOR	Anderson			DATA	17/06/2016	
DADOS SOBRE O SOLO				MASSA DE SOLO SECO				
TEOR DE UMIDADE				MASSA DE SOLO SECO				
CÁPSULA Nº	24	108	31			ANTES	DEPOIS	
MASSA BRUTA UMIDA	g	45,01	55,65	55,09	RECIPIENTE Nº			1
MASSA BRUTA SECA	g	44,72	55,25	54,62	MASSA BRUTA SECA	g	458,03	
TARA DA CÁPSULA	g	22,88	26,32	22,44	TARA DO RECIPIENTE	g	384,12	
MASSA DA ÁGUA	g	0,29	0,40	0,47	MASSA DO SOLO UMIDO	g	75,00	
MASSA DO SOLO SECO	g	21,84	28,93	32,18	TEOR DE UMIDADE MÉDIO	%	1,39	
TEOR DE UMIDADE	%	1,33	1,38	1,46	MASSA DO SOLO SECO	g	73,97	
DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DOS SOLOS								
DETERMINAÇÃO Nº			1	2	3	4	5	
MASSA DO PICNÔMETRO + MASSA DO SOLO + MASSA DA ÁGUA	g	693,58		693,10	692,50	691,84	691,58	
TEMPERATURA DO ENSAIO	C°	12		17,5	25	29,5	34	
MASSA DO PICNÔMETRO + MASSA DA ÁGUA	g	647,25		646,75	646,10	645,55	645,00	
MASSA DO SOLO SECO	g	73,97		73,97	73,97	73,97	73,97	
MASSA ESPECÍFICA DA ÁGUA	g/cm ³	0.9995		0.9988	0.9971	0.9960	0.9944	
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS	g/cm ³	2,68		2,68	2,68	2,67	2,70	
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS MÉDIA			2,68		g/cm ³			

Figura 9- Emissão do relatório final do ensaio de massa específica dos sólidos

Fez-se a comparação do resultado do ensaio de massa específica dos sólidos emitido pelo software, com o obtido no cálculo manual. Percebeu-se que ambos os resultados foram iguais, entretanto o software apresentou uma maior precisão, velocidade e eficiência em relação aos cálculos manuais. Este software oferece uma ferramenta inovadora para a engenharia civil e de fácil manuseio, diminuindo o tempo de produtividade e reduzindo consideravelmente os erros mais frequentes e comuns. A Figura 10 mostra os cálculos realizados manualmente para o ensaio de massa específica dos sólidos.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAÓPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS		UFSJ		ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS				
PROCEDÊNCIA	UFSJ - Campus Alto Paraopeba							
CLASSIFICAÇÃO	Areia média							
SONDAGEM Nº	2	PROFUNDIDADE	1 m	AMOSTRA	2			
PICNÔMETRO Nº	1	OPERADOR	Anderson		DATA	17/06/16		
DADOS SOBRE O SOLO								
TEOR DE UMIDADE			MASSA DE SOLO SECO					
CÁPSULA Nº	24	108	31	RECIPIENTE Nº	ANTES	DEPOIS		
MASSA BRUTA ÚMIDA	g	45,01	55,65	55,09		↓		
MASSA BRUTA SECA	g	44,72	55,25	54,62	MASSA BRUTA SECA	g	458,08	
TARA DA CÁPSULA	g	22,88	26,32	22,44	TARA DO RECIPIENTE	g	384,12	
MASSA DA ÁGUA	g	0,29	0,40	0,47	MASSA DO SOLO UMIDO	g	45,00	
MASSA DO SOLO SECO	g	21,84	28,93	32,18	TEOR DE UMIDADE MÉDIO	%	1,33	
TEOR DE UMIDADE	%	1,33	1,38	1,46	MASSA DO SOLO SECO	g	73,97	73,91
DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DOS SOLOS								
DETERMINAÇÃO Nº		1	2	3	4	5		
MASSA DO PICNÔMETRO + MASSA DO SOLO + MASSA DA ÁGUA	g	693,58	693,10	692,50	691,84	691,58		
TEMPERATURA DO ENSAIO	°C	12	17,5	25	29,5	34		
MASSA DO PICNÔMETRO + MASSA DA ÁGUA	g	647,25	646,75	646,10	645,55	645,00		
MASSA DO SOLO SECO	g	73,97	73,97	73,97	73,97	73,97		
MASSA ESPECÍFICA DA ÁGUA	g/cm³	0,9995	0,9988	0,9971	0,9960	0,9944		
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS	g/cm³	2,68	2,68	2,68	2,67	2,70		
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS MÉDIA		2,68		g/cm³				

Figura 10- Relatório do ensaio feito manualmente

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com o software elaborado atenderam aos objetivos propostos pelo trabalho de conclusão de curso, mostrando assim, sua viabilidade. Desta forma verificou-se que o mesmo constitui uma ferramenta importante para o engenheiro civil, onde se procura qualidade, eficiência e praticidade na elaboração do projeto. Pode ser considerado a possibilidade de se implementar melhorias futuras nesta versão do software, permitindo assim cada vez mais o aperfeiçoamento do seu funcionamento, podendo também abranger os demais ensaios realizados no laboratório de infraestrutura e obras de geotecnia, uma vez que o estudo feito não contemplou todos os ensaios existentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 7182**: Ensaio de Compactação, Rio de Janeiro, 1986. 10 p..

_____, **NBR13292**: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade dos solos granulares á carga constante, Rio de Janeiro, 1995.08 p..

_____, **NBR6484**: Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio, Rio de Janeiro, 2001. 17 p..

_____, **NBR9603**: Sondagem a trado, Rio de Janeiro, 1986. 06 p..

_____, **NBR12131**: Estacas – Prova de carga estática- Método de ensaio, Rio de Janeiro, 2006. 08 p..

_____, **NBR7185**: Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco e areia. Rio de Janeiro, 1986. 07p..

_____, **NBR6459**: Solo – Determinação do Limite de Liquidez- Método de ensaio, Rio de Janeiro, 1984. 06 p..

_____, **NBR7180**: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade, Rio de Janeiro, 1984. 03 p..

_____, **NBR6508**: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm - Determinação da massa específica, Rio de Janeiro, 1984. 08 p..

_____, **NBR12052**: Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia - Método de ensaio, Rio de Janeiro, 1992. 10 p..

_____, **NBR11341**: Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland, Rio de Janeiro, 2008. 16 p..

_____, **NBR6576**: Materiais Asfálticos – Determinação da penetração, Rio de Janeiro, 2007. 07 p..

_____, **NBR6560**: Materiais betuminosos - Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola, Rio de Janeiro, 2008. 06 p..

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-IE004/94:** Solos coesivos – Determinação da compressão simples de amostra – Instrução de ensaio, Rio de Janeiro, 1994. 11 p..

_____, **DNER-ME 049/94:** Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 1994. 14 p..

_____, **DNER-ME 053/94:** Misturas betuminosas – Percentagem de betume – Método de ensaio, Rio de Janeiro, 1994. 05 p..

_____, **DNER-ME 078/94:** Agregado graúdo – Adesividade a ligante betuminoso – Método de ensaio, Rio de Janeiro, 1994. 03p..

BERNUCCI, L.L.B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** PETROBRÁS. ABEDA. Rio de Janeiro, 2008.

CAPUTO, H.P. **Mecânica dos Solos e suas aplicações. Fundamentos Volume 1.** 6ª edição. LTC- Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A., 1988.

CAMPOS, L.E.P.; SILVA, A.S. **LabGeo um programa de gerenciamento, cálculo e emissão de relatório para laboratórios de mecânica dos solos.** In:XVI CONGRESO ARGENTINO DE MECÂNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA (XVI CAMSIG), Patagônia, Argentina, 2002.

CERATTI, J.A.P; REIS, R.M.M. **Manual de dosagem de concreto asfáltico.** Instituto Pavimentar, Oficina de textos, 2011.

DAS, B. M. **Fundamentos de engenharia geotécnica.** Tradução da 7ª edição norte-americana. Editora Cengage Learning, São Paulo, 2011.

EBERSPÄCHER, H.F.; FORBELLONE, A.L.V. **Lógica de Programação: a construção de algoritmos e estrutura de dados.** 3ª edição. Editora Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2005.

KIMURA, A. **Informática Aplicada a Estruturas de Concreto Armado.** 1ª edição. Editora Pini, São Paulo, 2007.

MARANGON, M. **Apostila: Elementos de Geologia**. Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Departamento de Transportes e Geotecnia, 1995.

MATOS, L.R. **Softwares para Engenharia Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil da Universidade Anhembi Morumbi, 2009.

MENDONÇA, H.M.X. **Sobre a modelagem de problemas da engenharia geotécnica pelo método dos elementos finitos**. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia. São Paulo, 2005.

ORTIGÃO, J.A.R. **Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos**. 3ª edição, 2007.

PINTO, C.S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3ª edição. Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2006.



QUARESMA, A.R.; DÉCOURT, L.; QUARESMA FILHO, A.R.; ALMEIDA, M.S.S.; DANZIGER, F. *Investigações Geotécnicas*. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, JL.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (org.). **Fundações: Teoria e Prática**. 2ª edição. Editora Pini, São Paulo, 1998.

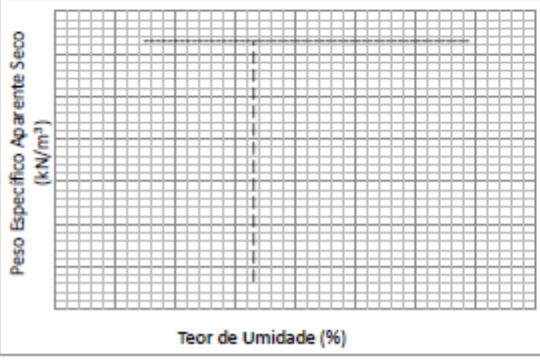
SCHNAID, F. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia fundações**. Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2000.

SILVA, A. **Programação em VBA- Texto Introdutório**. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de Engenharia informática, 2009.

APÊNDICES



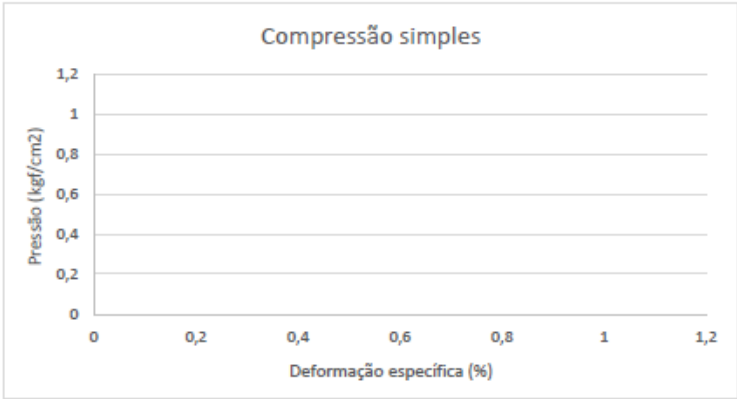
APÊNDICE A - Ensaio de compactação

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAÍPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS		 UFSJ DE SÃO JOÃO DEL-REI		ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	
PROCEDÊNCIA:					
SONDAGEM Nº:	AMOSTRA Nº:	PROFUNDIDADE:	OPERADOR:	DATA:	
UMIDADE NATURAL		ÁGUA ADICIONADA			OBS:
CÁPSULA Nº	nº	DETERMINAÇÃO			
MASSA BRUTA ÚMIDA	g	MASSA SOLO P/ ENSAIO	g		
MASSA BRUTA SECA	g	TEOR UMIDADE NATURAL	%		
TARA DA CÁPSULA	g	MASSA SOLO SECO	g		
TEOR DE UMIDADE	%	TEOR UMID. DESEJADO	%		
TEOR UMIDADE MÉDIO	%	MASSA DE ÁGUA	g		
COMPACTAÇÃO					
NÚMERO CILINDRO					
DETERMINAÇÃO					
MASSA AMOSTRA+TARA CILINDRO	g				
TARA CILINDRO	g				
VOLUME CILINDRO	cm ³				
MASSA AMOSTRA	g				
PESO ESPEC. ÚMIDO	kN/m ³				
CÁPSULA	nº				
MASSA BRUTA ÚMIDA	g				
MASSA BRUTA SECA	g				
TARA DA CÁPSULA	g				
TEOR DE UMIDADE	%				
TEOR UMIDADE MÉDIO	%				
PESO ESPECÍF. SECO	kN/m ³				





INFORMAÇÕES DA COMPACTAÇÃO	
Altura de queda do soquete (cm)	
Número de camadas	
Volume do Cilindro (cm ³)	
Peso do Soquete (Kg)	
Número de Golpes/camada:	
Energia de compactação (Kg.cm/cm ²)	
Peso Especifico Aparente Seco (kN/m ³) Máximo:	
Teor de Umidade Ótimo (%):	

APÊNDICE B - Ensaio de compressão simples

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAÓPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS					ENSAIO DE COMPRESSÃO SIMPLES	
PROCEDÊNCIA:				DATA:				
SONDAGEM N°:		AMOSTRA N° :		PROFUNDIDADE:		OPERADOR:		
Dados do corpo de prova								
CÁPSULAS	1	2	3	MÉDIA	ÁREA (cm ²)			
ALTURA (cm)					VOLUME (cm ³)			
DIÂMETRO (cm)								
Dados do solo								
CÁPSULAS	1		2		3			
MASSA BRUTA ÚMIDA (g)								
MASSA BRUTA SECA (g)								
TARA (g)								
UMIDADE (%)								
UMIDADE MÉDIA (%)								
DADOS DA PRENSA		CONSTANTE DO ANEL		VELOCIDADE DO ENSAIO				
t (min)	Leitura de deformação vertical (mm)	Leitura de deformação anel (x 10 ⁻³ mm)	ε % (Deformação específica)	Área Corrigida (cm ²)	Carga (Kgf)	Pressão (Kgf/cm ²)		
0.5								
1.0								
1.5								
2.0								
2.5								
3.0								
3.5								
4.0								
4.5								
5.0								
5.5								
6.0								
6.5								
								
RESISTÊNCIA A RUPTURA (Kgf/cm²)								



APÊNDICE C- Ensaio de permeabilidade de carga constante

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAÓPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS					ENSAIO DE PERMEABILIDADE CARGA CONSTANTE		
RODOVIA:		TRECHO:			SUB -TRECHO:		REGISTRO:		
ESTACA / POSIÇÃO:		FURO:	PROFUNDIDADE:		MATERIAL:				
OPERADOR:		ESTUDO:					DATA:		
Compacidade relativa									
CORPO DE PROVA Nº:					CONSTANTE DO ENSAIO		cm		OBS.
COMPRIMENTO	cm				DENSIDADE REAL DOS GRÃOS		g / cm³		
DIÂMETRO	cm				ÍNDICE MÁXIMO DE VAZIOS		-		
ÁREA	cm²				ÍNDICE MÍNIMO DE VAZIOS		-		
PESO ÚMIDO	g				VOLUME DO CORPO DE PROVA		cm³		
PESO ÁGUA	g				DENSIDADE DO SOLO ÚMIDO		g / cm³		
PESO SECO	g				UMIDADE		%		
					DENSIDADE DO SOLO SECO		g / cm³		
					ÍNDICE DE VAZIOS		-		
					COMPACIDADE RELATIVA		%		
Volume Escoado DV (cm³)	Carga H (cm)	Tempo			Temperatura (C°)	Coeficiente de Permeabilidade KT (cm / seg)	Coeficiente de Correção (CK)	Coeficiente de Permeabilidade K20 (cm/seg)	
		Min	Seg	Dt (seg)					
RESULTADO DE ENSAIO DE PERMEABILIDADE									
OBS:						K 20			

APÊNDICE D - Ensaio de sondagem de simples reconhecimento

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAÓPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS				ENSAIO SONDAAGEM SIMPLES RECONHECIMENTO	
PROCEDÊNCIA:				DATA:			
SONDAAGEM Nº:		AMOSTRA Nº :		PROFUNDIDADE:		OPERADOR:	
Boletim de campo							
DATA DO INÍCIO				DATA DO TÉRMINO			
HORA DE INÍCIO				HORA DE TÉRMINO			
ESTACA (OU COORDENADA)				FURO Nº			
NÍVEL DE ÁGUA INICIAL				NÍVEL DE ÁGUA FINAL			
AMOSTRA	DE (m)	ATÉ (m)	ÁGUA	SOLO			



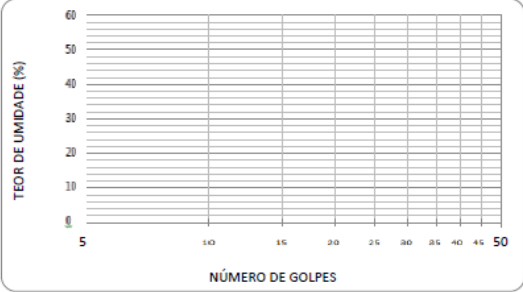
APÊNDICE E - Ensaio de prova de carga sobre placa

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAOPÉBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS						ENSAIO DE PROVA DE CARGA SOBRE PLACA		
PROCEDÊNCIA:							DATA:			
SONDAGEM Nº:		AMOSTRA Nº :		PROFUNDIDADE:		OPERADOR:				
CARGA PROVÁVEL DE RUPTURA DO TERRENO (tf)										
EQUAÇÃO DE CALIBRAÇÃO DO MACACO (y=ax +b)				a=		b=				
CARREGAMENTO										
ESTÁGIO	TEMPO (min)	TEMPO (min)	CARGA (tf)	CARGA (Kgf/cm ²)	INÍCIO DE ESTÁGIO (x10-z mm)			FIM DE ESTÁGIO (x10-z mm)		
					R.1	R.2	R.3	R.1	R.2	R.3
0	0	0								
1	0	0								
2	10	10								
3	10	20								
4	10	30								
5	10	40								
6	10	50								
7	10	60								
8	10	1h10								
9	10	1h20								
10	10	1h30								
10	30	2h								
10	30	2h30								
10	60	3h30								
10	120	5h30								
DESCARREGAMENTO										
ESTÁGIO	TEMPO (min)	TEMPO (min)	CARGA (tf)	CARGA (Kgf/cm ²)	INÍCIO DE ESTÁGIO (x10-z mm)			FIM DE ESTÁGIO (x10-z mm)		
					R.1	R.2	R.3	R.1	R.2	R.3
1	10	5h40								
2	10	5h50								
3	10	6h								
4	10	6h10								
5	10	6h20								
5	30	6h50								
5	60	7h50								

APÊNDICE F - Ensaio funil e areia

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAÓPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS				ENSAIO FUNIL E AREIA	
Interessado				Data coleta			
Obra:				Operador			
Trecho nº				Furo nº			
Dados gerais							
DESVIO DE UMIDADE DE PROJETO				CAMADA Nº			
GRAU DE COMPACTAÇÃO DE PROJETO				ESTACA Nº			
Determinação do peso do cone							
MASSA TOTAL (g)				MASSA RESTANTE (g)			
MASSA DESLOCADA (g)				MASSA DA AREIA NO CONE (g)			
Determinação da massa específica da areia							
MASSA ANTES (g)				MASSA DEPOIS (g)			
MASSA AREIA NO CILINDRO+CONE(g)				MASSA AREIA NO CILINDRO (g)			
VOLUME DO CILINDRO (cm³)				MASSA ESPEC. DA AREIA (g/cm³)			
Teor de umidade "in situ"							
CÁPSULA Nº							
MASSA BRUTA ÚMIDA (g)							
MASSA BRUTA SECA (g)							
TARA CÁPSULA (g)							
TEOR DE UMIDADE IN SITU (%)							
TEOR DE UMIDADE MÉDIO (%)							
Massa específica aparente do solo "in situ"							
MASSA DO SOLO EXTRAÍDO (g)				UMIDADE SOLO EXTRAÍDO (%)			
MASSA FRASCO+CONE+AREIA (ANTES)(g)				MASSA FRASCO+CONE+AREIA (DEPOIS)(g)			
MASSA AREIA DESLOCADA (g)				MASSA AREIA CAVIDADE (g)			
MASSA ESP. SOLO ÚMIDO IN SITU (g/cm³)				MASSA ESP.SOLO SECO IN SITU(g/cm³)			
MASSA ESP.SOLO SECO LAB (g/cm³)				GRAU DE COMPACTAÇÃO			

APÊNDICE G - Limites de consistência

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAOPÉBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS						LIMITES DE ATTEBERG																			
PROCEDÊNCIA:						DATA:																					
SONDAGEM Nº:		AMOSTRA Nº:			PROFUNDIDADE:		OPERADOR:																				
		DETERMINAÇÃO LIMITE DE LIQUIDEZ					DETERMINAÇÃO LIMITE DE PLASTICIDADE																				
DETERMINAÇÃO Nº		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5																
CÁPSULA Nº																											
MASSA BRUTA ÚMIDA		g																									
MASSA BRUTA SECA		g																									
TARA DA CÁPSULA		g																									
MASSA DA ÁGUA		g																									
MASSA DO SOLO SECO		g																									
TEOR DE UMIDADE		%																									
NÚMERO DE GOLPES																											
LIMITE PLASTICIDADE MÉDIO																											
		<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: right;"> <table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>LP</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">EQUAÇÃO DO GRÁFICO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td></td> </tr> <tr> <td>b</td> <td></td> </tr> <tr> <td>y</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>										RESULTADOS		LL		LP		IP		EQUAÇÃO DO GRÁFICO		a		b		y	
RESULTADOS																											
LL																											
LP																											
IP																											
EQUAÇÃO DO GRÁFICO																											
a																											
b																											
y																											



APÊNDICE H - Ensaio de massa específica dos sólidos

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAOPÉBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS					ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS	
PROCEDÊNCIA								
CLASSIFICAÇÃO								
SONDAGEM Nº		PROFUNDIDADE		AMOSTRA				
PICNÔMETRO Nº		OPERADOR				DATA		
DADOS SOBRE O SOLO								
TEOR DE UMIDADE				MASSA DE SOLO SECO				
CÁPSULA Nº						ANTES	DEPOIS	
MASSA BRUTA ÚMIDA	g				RECIPIENTE Nº			
MASSA BRUTA SECA	g				MASSA BRUTA SECA	g		
TARA DA CÁPSULA	g				TARA DO RECIPIENTE	g		
MASSA DA ÁGUA	g				MASSA DO SOLO UMIDO	g		
MASSA DO SOLO SECO	g				TEOR DE UMIDADE MÉDIO	%		
TEOR DE UMIDADE	%				MASSA DO SOLO SECO	g		
DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DOS SOLOS								
DETERMINAÇÃO Nº		1	2	3	4	5		
MASSA DO PICNÔMETRO + MASSA DO SOLO + MASSA DA ÁGUA	g							
TEMPERATURA DO ENSAIO	°C							
MASSA DO PICNÔMETRO + MASSA DA ÁGUA	g							
MASSA DO SOLO SECO	g							
MASSA ESPECÍFICA DA ÁGUA	g/cm³							
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS	g/cm³							
MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS MÉDIA					g/cm³			



APÊNDICE I - Ensaio equivalente de areia

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAÓPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS				ENSAIO EQUIVALENTE DE AREIA	
PROCEDÊNCIA:				DATA:			
SONDAGEM Nº		AMOSTRA Nº		PROFUNDIDADE		OPERADOR:	
Determinação do teor de umidade							
PROVETA Nº							
INÍCIO DE UMIDECIMENTO							
FIM DE UMIDECIMENTO							
INÍCIO DE SEDIMENTAÇÃO							
FIM DE SEDIMENTAÇÃO							
ALTURA DO FLOCULADO + AREIA (H1)							
ALTURA DA AREIA (H2)							
EQUIVALENTE DA AREIA = $(H2/H1) \times 100$							
MÉDIA							
ESPAÇAMENTO DO PISTÃO (k)							
ESPAÇAMENTO INICIAL (Ei)							
ESPAÇAMENTO FINAL (Ef)							
EQUIVALENTE DA AREIA PELO PISTÃO							
MÉDIA							



APÊNDICE J - Ensaio extração de betume (Rotarex)

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS				ENSAIO ROTAREX	
PROCEDÊNCIA:						DATA:	
AMOSTRA Nº :		PROFUNDIDADE:		OPERADOR:			
ROTAREX							
Porcentagem de betume em misturas betuminosas							
Peso do betume extraído (g)		Peso da amostra total (g)		Porcentagem de betume			



APÊNDICE K - Ensaio de adesividade

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS		ENSAIO DE ADESIVIDADE
PROCEDÊNCIA:		DATA:	
AMOSTRA Nº :	PROFUNDIDADE:	OPERADOR:	
A água separa ou desloca a película de ligante asfáltico da superfície do agregado, isso faz com que diminua significadamente a vida útil dos pavimentos. Portanto quando isso acontece a adesividade é considerada insatisfatória, ou ainda quando essa película não é deslocada da superfície se trata de uma adesividade satisfatória.			
ADESIVIDADE SATISFATÓRIA			



APÊNDICE L - Ensaio de ponto de fulgor

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAÓPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS		ENSAIO PONTO DE FULGOR
PROCEDÊNCIA:		DATA:	
AMOSTRA Nº :	PROFUNDIDADE:	OPERADOR:	
<p>Indica a menor temperatura em que os vapores emanados durante seu aquecimento inflamam na presença de chama em condições padronizadas. A temperatura para CAP e asfaltos modificados devem ser superiores a 235°C</p>			
TEMPERATURA (C°)			

APÊNDICE M - Ensaio de penetração

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS				ENSAIO DE PENETRAÇÃO	
PROCEDÊNCIA:						DATA:	
AMOSTRA Nº :		PROFUNDIDADE:		OPERADOR:			
DETERMINAÇÃO		1ª LEITURA	2ª LEITURA	Δ (L2-L1)	PENETRAÇÃO (mm)		
1ª							
2ª							
3ª							

APÊNDICE N - Ensaio de ponto de amolecimento

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI CAMPUS ALTO PARAÓPEBA CURSO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE GEOTECNIA E ESTRADAS				ENSAIO DE AMOLECIMENTO	
PROCEDÊNCIA:				DATA:			
AMOSTRA Nº :		PROFUNDIDADE:		OPERADOR:			
Amostras	Temperatura (°C)		Ponto de amolecimento (°C)				
1							
2							
3							