

DETERMINAÇÃO DE ÂNGULO LIMITE MÉDIO PARA INTERVENÇÕES EM ESCAVAÇÕES DE OBRAS NA REGIÃO DO CENTRO/NORTE DE JOINVILLE-SC

RENGEL, Anderson
MOURA, Maicon Oenning
CAMPOS, Msc. Guilherme de Luca

RESUMO

O ramo da construção civil é caracterizado pelos elevados índices de acidentes de trabalhos em obras. Um primeiro passo para reduzir esses riscos é o cumprimento das normas regulamentadoras relacionadas à construção civil, que tem como objetivo garantir as condições mínimas de segurança do trabalhador. Uma das normas que controla esta segurança é a NR-18, norma responsável por avaliar o grau de adequação do canteiro de obras. Se tratando de escavações se torna ainda mais perigoso que as demais fases da construção, pois o risco de acidentes de trabalhos é muito maior se tratando de solo, devido a isto a importância dos estudos de solo e seus respectivos ensaios para análise antes de qualquer procedimento. Este trabalho relatou conceitos, e principalmente um breve estudo de solos na cidade de Joinville-SC, através de normas e aplicações para escavações a céu aberto. Portanto buscou analisar um ensaio SPT partindo de três furos, dos quais foi possível calcular ângulos, coesão peso específico, e através dos mesmos trabalhar no *software* GEO5 do qual permitiu analisar as condições do solo, profundidade e inclinações, para assim introduzir na NR 18 de segurança e a NBR 9061 que trata de escavações a céu aberto. Nota-se que, mesmo com o solo apresentando boas características geotécnicas deve-se analisar com critério os ângulos de escavação em cada caso.

Palavras-chave: Construção Civil; Riscos; Escavações; NR-18; GEO5.

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia Civil é o ramo que se dedica a construir estruturas, escadas, estradas, obras hidráulicas e urbanas, para atender as necessidades humanas. A arquitetura da construção deve atender aos aspectos funcionais, estéticos e de durabilidade (AOKI, 2004).

Em toda e qualquer obra de engenharia civil é presente os riscos de segurança para todos os envolvidos. As escavações em valas são consideradas a parte mais perigosa devido a frequência com que são feitas, e principalmente devido a tendência de facilitar o manuseio, causa acidentes mais frequentes, em sua grande maioria evitáveis., obter condições para se trabalhar.

Com o apoio da NR-18 é possível em um canteiro de obras obter um ambiente de trabalho seguro e assim evitando riscos portanto o Programa de Condições e Meio

Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT) é um programa que auxilia certos tipos de segurança dentro de um canteiro de obras.

A escavação é um serviço muito comum no ramo da geotecnia, engloba praticamente todos os setores da engenharia civil. Independente do porte da obra a segurança muitas das vezes não é levada em consideração, assim acaba em sua grande maioria resultando em acidentes desnecessários que poderiam e deveriam ser facilmente evitados com medidas preventivas de segurança.

A escavação sempre foi muito usada na construção civil, e para que se tenha segurança nesse serviço entrou em vigor a NBR 9061 (ABNT, 1985) para normatizar as condições e segurança a serem observadas na elaboração do projeto e execução de escavações. A abertura de valas é muito recorrente e comum nas obras, porém um grande problema neste tipo de serviço é que por questões de espaço e economia, elas normalmente são abertas o mais estreitas possível e quase totalmente verticais, causando diversos acidentes de soterramento e que às vezes podem ser até fatais.

Esta pesquisa pretende expandir o conhecimento e análises de segurança aplicadas no setor de escavação em obras na cidade de Joinville-SC, onde a demanda de obras na cidade em grande maioria são edifícios, sendo assim as propriedades geotécnicas raramente são analisadas. O artigo buscou relatar através da análise de um ensaio de SPT na região do centro/norte da cidade de Joinville/SC, calcular o ângulo limite médio para intervenções em escavações, assim como os ângulos de atrito, coesão, peso específico, para assim detalhar com mais precisão o ângulo, profundidade e inclinação do solo no *Software* GEO5 e de certo modo comparar os resultados dos furos SP.01, SP.02 e SP.03 nas normativas NR 18 e NBR 9061, com o intuito de reduzir possíveis acidentes de trabalho tornando as obras mais seguras e ágeis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa do artigo será relatado conceitos dos quais auxiliarão no desenvolvimento do projeto e servirão de base para o estudo a ser desenvolvido.

2.1 EXECUÇÃO E SONDAÇÃO DE RECONHECIMENTO DE SOLO

Para o reconhecimento dos perfis dos solos e suas respectivas características geotécnicas são utilizados ensaios in situ e laboratoriais em amostras deformadas e indeformadas de solos. Um exemplo disso é a realização de sondagens de simples

reconhecimento, SPT, que através de descrições e índices obtidos para as diversas camadas presentes no solo, determinam a variação de resistência do solo com a profundidade. No momento em que a investigação geotécnica não é realizada ou tem seus dados mal interpretados, os projetos podem ser inadequados, gerando aumento de custos, problemas ambientais ou patologias estruturais (MORGENTAL, 2017).

A sigla SPT tem origem no termo inglês que significa “*Standard Penetration Test*” no Brasil é chamado de Sondagem a Percussão ou Sondagem de Simples Reconhecimento, sendo o nome do ensaio pelo qual se determina o índice de resistência à penetração (N), conforme a NBR 6484 (2001).

O (SPT) foi desenvolvido para se obter em campo uma medida local de resistência do solo (N_{spt}), para coleta de amostras realizadas a cada metro perfurado conforme a norma NBR 6484 da (ABNT). Eventualmente, este ensaio pode ser realizado em um intervalo menor ou maior, ficando a critério das necessidades do executante e ou do projeto sempre em harmonia com a norma regulamentadora (FONTELES, 2003).

O ensaio inicia-se com a sondagem do terreno a partir da superfície de instalação do equipamento até 1 m de profundidade com a cavadeira manual ou trado concha, onde se recolhe uma amostra dessa parte inicial. A partir de 2 m de perfuração, inicia-se o procedimento com o amostrador tipo fixado nos bastões do aparelho. Um martelo com 65 kg é erguido a uma altura de 75 cm com auxílio de uma corda de sisal e depois é solto, em queda livre, sobre o amostrador tipo. Este procedimento é repetido até que o amostrador penetre 45 cm no solo a cada 15cm conta-se a quantidade de golpes do martelo para atingir tal profundidade e o valor de (N_{spt}) é a soma do número de golpes para penetrar o amostrador nos últimos 30 cm no solo (NBR 6484. 2001).

As amostras providas da sondagem de simples reconhecimentos devem ser examinadas procurando-se identificá-las no mínimo por: granulometria, plasticidade, compacidade, consistência cor e origem, sempre seguindo recomendações da NBR 7250, (1982) (MACIEL FILHO, 1997 p.110).

Ainda segundo a NBR 6484 (ABNT, 2001), o processo de perfuração por circulação de água associado aos ensaios de penetração, deve ser utilizado até onde se obtiver as seguintes condições:

1. Quando em 3 m sucessivos se obtiver 30 golpes para penetração dos 15 cm iniciais do amostrador padrão;
2. Quando em 4 m sucessivos se obtiver 50 golpes para penetração dos

30 cm iniciais do amostrador padrão; e

3. Quando em 5 m sucessivos se obtiver 50 golpes para a penetração dos 45 cm do amostrador-padrão.

Segundo a NBR 6484 (ABNT, 2001), a cravação do amostrador padrão é interrompida antes dos 45 cm de penetração sempre que ocorrer uma das seguintes situações:

1. Em qualquer dos três segmentos de 15 cm, o número de golpes ultrapassarem 30;
2. Se em um total de 50 golpes tiver sido aplicado durante toda a gravação;
3. Se não se observar avanço do amostrador-padrão durante a aplicação de cinco golpes sucessivos do martelo.

2.2 TIPOS DE SOLOS

Na área da construção civil, a engenharia geotécnica é imprescindível para a realização de projetos, sendo o solo seu principal objeto de estudo, um material complexo e variável, de difícil previsão de comportamento e que em muitas vezes não pode ser adequadamente empregado em sua forma natural (GUIMARÃES, 1998). De acordo com Campos (2006), a principal classificação é com relação ao tamanho dos grãos.

Caputo (1988) classifica os solos como materiais resultantes do processo de intemperismo ou da meteorização das rochas, que por decomposição química e/ou pelo processo mecânico através de agentes como a água, temperatura, vegetação e vento, formam partículas grossas, intermediárias e finas. Entre estes agentes, a água é o que mais modifica as rochas através de seus mecanismos de oxidação, hidratação, carbonatação e efeitos químicos da vegetação.

"Segundo CRAIG, (2007), os parâmetros de resistência de um determinado solo podem ser determinados por intermédio de ensaios de laboratórios em corpo-de-prova retirados de amostras representativas do solo in situ. São exigidos grandes cuidados e muita ponderação na operação de amostragem e no armazenamento e manipulação das amostras antes do ensaio, especialmente no caso de amostras indeformadas em que o objetivo é preservar a estrutura in situ e o teor de umidade do solo. No caso de argilas, os corpos-de-prova dos ensaios podem ser obtidos de tubos amostradores ou de amostras em blocos, e normalmente essas últimas estão sujeitas

a menores perturbações." De modo geral existem três tipos de solo no mundo: Argiloso, Orgânico e Arenoso.

2.2.1 Solos Argilosos

As argilas são elementos componentes de uma grande parte de solos e podem ser encontradas no estado puro, em depósitos minerais, em ambientes naturais e de formação (CALLISTER, 2002). Esse tipo de solo apresenta granulometria fina, com partículas em formato lamelar, alongados ou tubulares e sua composição mineralógica varia com a quantidade de água que envolve esses grãos. Além de uma granulação fina, possuem grãos com formas lamelares e tubulares (DNIT, 2006).

De um modo geral as argilas são os solos que possuem uma pequena granulação, com dimensões menores que 0,002 mm e apresentam coesão e plasticidade (NBR 6502/1995).

Um comportamento bastante importante de algumas argilas para a construção civil é a sua expansibilidade. Ela pode ser definida como a variação do volume devido à mudança de umidade de um solo, ocorrendo em função da sua composição mineralógica uma vez que nem todos os argilominerais apresentam características expansivas (SHREINER, 1987).

O especialista Espíndola (2011) afirma que a maioria dos esforços gerados pelas obras de engenharia em solos argilosos ocorre de forma que não haja tempo suficiente para a dissipação de excesso de poro pressões, sendo assim quando a resistência não drenada é baixa, os solos moles apresentam rupturas de aterros em curto prazo e elevados recalques secundários.

Por fim os solos argilosos apresentam um manejo difícil, por serem solos mais pesados devido à presença de teores de argila superiores a 35%, dificultando a penetração das raízes das plantas e os trabalhos mecanizados, além de serem suscetíveis à compactação (KLEIN, 2014).

Na maior parte dos casos é possível observar que a textura do solo argiloso pode influenciar diretamente no teor de matéria orgânica do solo, estreitamente relacionado com a capacidade de troca de cátions dos respectivos solos afetando o pH, além da absorção de fósforo bem como de outros nutrientes (BRADY; WEIL, 2013).

2.2.2 Solos Orgânicos

Solo Orgânico é um solo composto pela mistura de matéria orgânica decomposta e de elementos de origem mineral, apresentando geralmente cor preta ou cinza-escuro. Embora contribua somente com uma pequena parcela da massa total dos solos minerais, a matéria orgânica do solo (MOS) é componente essencial nos diversos processos químicos, físicos e biológicos de ecossistemas terrestres (Piccolo, 1996; Christensen, 2000; Carter, 2001).

A matéria orgânica é um dos componentes essenciais do solo. A matéria orgânica no solo corresponde a restos de animais e vegetais que se encontram em constante processo de decomposição e resistência, a partir da morte do tecido. Os processos de degradação da matéria orgânica são de natureza bioquímica e envolvem uma série de microrganismos. Neste processo destacam-se as bactérias, os fungos e os actinomicetos. Durante a degradação da matéria orgânica, podem -se caracterizar dois processos fundamentais: a mineralização e a humificação (TOSCAN, 2014).

Toscan (2014) segue afirmando que a matéria orgânica no solo é de fundamental importância, pois sem ela não há solo, ou se for admitido como solo, ele será incompleto e deficiente. Ela atua nas propriedades física, químicas, físico químicas e biológicas do solo, corrigindo e melhorando a fertilidade do solo, influenciando: na cor do solo, aumentando a tonalidade escura do mesmo; na formação de agregados, reduzindo a plasticidade e a coesão do solo.

A instituição IFSC (2015) diz que originados da decomposição e posterior apodrecimento de matérias orgânicas, sejam estas de natureza vegetal ou animal. Os solos orgânicos são problemáticos para construção por serem muito compressíveis. Em algumas formações de solos orgânicos ocorre uma importante concentração de folhas e caules em processo de decomposição, formando as turfas.

2.2.3 Solos Arenosos

É importante ressaltar que segundo Dona Gemma et al. (2016), solos arenosos, são mais propensos a degradação e à perda da capacidade produtiva quando comparados aos solos argilosos, em condições ambientais similares; este fato aumenta a sustentação em relação aos dogmas criados para com os solos arenosos. Porém, essa concepção vem mudando atualmente, em função dos avanços nos sistemas de produção e manejo, tornando viáveis as atividades agrícolas nesses solos.

Observa-se que os solos com textura arenosa apresentaram maiores deficiências de fósforo e matéria orgânica. Isto ocorre, porque estes solos apresentam em média 70% de sua composição teores de areia, o que os tornam altamente permeáveis, com baixa capacidade de retenção de água, baixos teores de matéria orgânica e adsorção de íons. Frente a isso se faz necessário uma gestão do uso e manejo adequado para estes solos, bem como, quando possível, investir na reposição da matéria orgânica do solo e nas práticas conservacionistas; para torná-los menos suscetíveis à erosão e aumentar sua aptidão agrícola (BRADY; WEIL, 2013).

2.3 CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO

As áreas de vivência para a qualidade de vida dos trabalhadores da Indústria da Construção, não só garantem a qualidade de vida, condições de higiene e integração dos operários na sociedade, mas também refletem na produtividade da empresa. As áreas de vivência é uma das mais importantes conquistas dos trabalhadores da Indústria da Construção, sendo estas responsáveis por garantir as boas condições humanas para o trabalho, influenciando o bem-estar do trabalhador, e conseqüentemente, o número de acidentes de trabalho (MENEZES; SERRA, 2003).

Os elevados números de acidentes de trabalho ocorridos no setor de construção civil trazem à tona a questão do cumprimento das normas de segurança, como, por exemplo, da Norma Regulamentadora n. 18 (NR-18), específica para a indústria da construção (BRASIL, 2013a).

Para Gonçalves (2008), a atual norma regulamentadora de segurança e saúde na indústria da construção civil possui uma sistematização mais oportuna que a anterior, sendo bastante detalhada nos aspectos técnicos e dotada de mecanismos próprios tendentes a uma adequação mais rápida dos dispositivos normativos. Mas ainda apresenta conceitos incompatíveis com normas regulamentadoras recentes e demais instrumentos normativos.

De acordo com Barkokébas Jr. et al as condições e meio ambiente de trabalho na construção civil podem ser citadas como fator de risco para a ocorrência de acidentes, pois apresentam diversos riscos devido à mutação constante do ambiente de trabalho e a confusão que se faz em acreditar que o provisório significa improvisado, no qual cada canteiro de obras tem a sua particularidade, as obras de edificações levam a mudança constante do ambiente de trabalho.

Os objetivos da NR-18 (Brasil, 1995) são colocados em prática através do Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção -

PCMAT, o qual implementado contribui para a padronização das instalações de segurança, sendo um excelente ponto de partida para a gestão de Segurança e Saúde do Trabalho - SST na Indústria da Construção.

Considera-se importante a necessidade de elaborar e implementar o Programa de Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção – PCMAT e observar que as exigências do programa podem ser um excelente ponto de partida para a elaboração de programas abrangentes de segurança do trabalho (SAURIN, 1997).

O PCMAT tem como objetivo principal garantir a saúde e a integridade dos trabalhadores, sendo que os riscos devem ser previstos e controlados no processo de execução de cada fase da obra (SAMPAIO, 1998a). Em sua elaboração, deve-se priorizar o envolvimento de todos os profissionais que terão responsabilidade direta pelo resultado do programa: direção da empresa, gerentes, engenheiros de produção, engenheiros e técnicos de segurança, médicos do trabalho, projetistas, orçamentistas, mestres-de-obras e encarregados (SAMPAIO, 1998b).

2.3.1 Recomendações de segurança na construção

Conhecer onde é que está o perigo é uma importante ferramenta para planejar e fiscalizar os ambientes de trabalho, embora não se possa esquecer que os dados colhidos não abrangem o universo total de trabalhadores, e sim, apenas aqueles cobertos pelo Seguro Acidente do Trabalho e com os devidos vínculos de empregos registrados em suas respectivas empresas, como apontado em Proteção (2002).

Atualmente existem já recomendações e fichas de procedimentos bem estabelecidos no que concerne à abertura de valas, de modo prevenir eventuais acidentes e garantir a segurança de todos os intervenientes na obra. Para promover melhores condições de segurança e saúde no trabalho, foi adotada em 1989 a diretiva 89/391/CEE em toda a Europa, que define ordens mínimas relativamente a esses aspetos. Os princípios gerais de prevenção definidos por esta diretiva são então (FORTUNATO, 2016).

1. Evitar os riscos;
2. Avaliar os riscos que não possam ser evitados;
3. Combater os riscos na origem;
4. Adaptar o trabalho ao Homem;
5. Ter em conta o estado de evolução da Técnica;
6. Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos

perigoso;

7. Planificar a prevenção;
8. Dar prioridade às medidas de proteção coletiva em relação às medidas de proteção individual;
9. Dar instruções adequadas aos trabalhadores.

Toda obra, independentemente do tamanho ou quantidade de envolvidos, devem estar presentes os equipamentos que protejam a integridade física e a saúde de todos, assim estabelecendo medidas mínimas de prevenção de acidentes ou qualquer outro tipo de intercorrência que possa acontecer (NASCIMENTO, 2014).

Os riscos mais prováveis na escavação de valas são os seguintes (Grupo de Trabalho de Geotecnia. Especialização de Geotecnia, 2004):

- Colapso ou queda do terreno;
- Colapso de estruturas vizinhas;
- Perigos resultantes de construções existentes;
- Perigos resultantes de máquinas;
- Queda de objetos;
- Queda de pessoas.

Nas escavações em vias públicas ou em canteiros, é obrigatória a utilização de sinalizações de advertência e barreiras de isolamento. De acordo com Nascimento (2014) existe alguns tipos de sinalização usados, como:

- Cones;
- Fitas;
- Cavaletes;
- Pedestal com iluminação;
- Placas de advertência;
- Bandeirolas;
- Grades de proteção;
- Tapumes;
- Sinalizadores luminosos

2.3.2 NBR 9061/85 - Segurança de escavação a céu aberto

A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1992) NBR 12266, define a escavação como remoção de solo, desde a superfície natural do terreno até a cota especificada no projeto. A mesma norma também informa que todos

os métodos e equipamentos utilizados, locais de depósito de material escavado e possíveis interferências a serem superadas, devem ser indicados no memorial descritivo do projeto.

A NBR 9061/85 estabelece prescrições para escavações de pequenas dimensões quando as condições de vizinhança permitirem, assim como ausência de nível de água no trecho a ser escavado sem a necessidade de ser conduzido um cálculo mais rigoroso.

A NBR 9061 (ABNT, 1985), recomenda que sejam feitas representações das seções transversais da escavação a ser executada que constem o tipo do material que será escavado, seguindo passo a passo o que foi planejado no projeto.

Segundo a NBR 9061 (ABNT, 1985) a escavação em rocha ou desmonte é feita com técnicas específicas e pode ser executada a frio (sem a utilização de explosivos) com o fissuramento prévio ou a fogo (com a utilização de explosivos). Tais serviços devem seguir rigorosamente o que foi indicado no projeto. O desmonte a fogo deve ser executado por profissionais especializados e autorizados seguindo estritamente os regulamentos do Exército quanto a armazenamento, transporte e manuseio.

2.4 ÂNGULO LIMITE E CONTENÇÃO PROVISÓRIA PARA ESCAVAÇÕES

FALCONI et al. (1998) define contenção como elementos estruturais com rigidez distinta do terreno que conterà, resistente aos esforços e empuxos provocados pelo solo. Existem diversas formas de contenções e a utilização deste ou daquele tipo varia de acordo com a mão de obra empregada, materiais disponíveis e também da cultura local.

Estruturas de contenção são projetadas a fim de proporcionar a estabilidade contra a ruptura de maciços de rocha ou terra. Estas obras civis oferecem suporte aos maciços e evitam o escorregamento causado pelo peso próprio dos mesmos ou ainda por carregamentos externos (BARROS, 2009).

No Brasil, RICARDO e CATALINI, (2007) afirmam que é comum o uso de contenção por gravidade para estabilizar taludes naturais ou provenientes de cortes e aterros. Já em Portugal, COUTO (2014) diz que a Parede Tipo Berlim é uma das soluções populares do país. Ora, a concepção do projeto é algo indefinido. Fica a critério do projetista e suas habilidades acumuladas ao longo dos anos. Não raro, a cultura local é um fator determinante na escolha da solução.

Quando se trata de se fazer contenções provisórias, é usual os muros tipo Berlim. que segundo o especialista Chuva (2011) essas paredes do tipo Berlim são

estruturas de contenção de terras constituídos por perfis metálicos cujo espaçamento é definido em função da altura entre os quais se colocam pranchas de madeira ou painéis de concreto armado.

As paredes tipo Berlim são flexíveis, isto é, seu próprio peso é desprezível frente às outras forças atuantes. Elas podem ou não receber tirantes. Caputo (2015) afirma que o uso de tirantes dependerá da altura da contenção e do quanto os perfis serão cravados no solo.

Segundo Pinto (2002), o ângulo de atrito é o máximo ângulo que a força transmitida pelo corpo a sua superfície pode fazer com a normal ao plano de contato sem ocorrer deslizamento e ao ser atingido este ângulo, a componente tangencial é maior que a resistência ao deslizamento, que depende da sua componente normal.

O ângulo de atrito interno do solo depende de fatores como grau de compactação, percentagem e tipo de argila, tamanho e forma dos grãos de areia do solo (SILVA E CARVALHO, 2007, apud PINTO, 2000). De acordo com Mota (2008), quando o movimento da estrutura for o de afastar-se do solo haverá a mobilização das forças de atrito, e a superfície crítica é aproximadamente uma superfície plana a um ângulo de $45^\circ + 2$ com o plano horizontal, tendo-se neste caso a condição de pressão de terra ativa. Por outro lado, se a estrutura é movida contra o solo, a cunha de ruptura pode ser aproximadamente uma superfície plana com um ângulo de $45^\circ + 2$ com a vertical.

3 METODOLOGIA

Este trabalho possui vai apresentar a caracterização da pesquisa e a descrição das etapas do estudo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O artigo desenvolvido está conceituado como bibliográfico e exploratório. Bibliográfico por se tratar de um estudo através de artigos, revistas, livros e principalmente através das Normas Regulamentadoras para estudo de segurança a escavação em solos e exploratório, pois o artigo relata um estudo específico de solos na cidade de Joinville-SC com ênfase em segurança a escavação a céu aberto.

O intuito do trabalho foi ressaltar a importância da segurança na etapa da escavação através das Normas Regulamentadoras, determinando um ângulo médio através de cálculos no Software GEO 5 para escavações a céu aberto nos solos de

Joinville-SC.

3.2 AMBIENTE DE PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida através de artigos bibliográficos desenvolvidos por especialistas devidamente qualificados na área. Para compor o estudo de solos na cidade de Joinville-SC, foi realizada uma análise de um ensaio de SPT na região do bairro Atiradores, na Rua. General Valgas Neves (Figura 1) próximo ao batalhão da cidade, e com os dados deste mesmo ensaio, realizado alguns cálculos a mão dos quais permitiram utilizar o Software GEO 5 para determinar um ângulo com fator de segurança 1,5. Todos os resultados obtidos correlacionados com a NR 18 e a NBR 9061.

Figura 1 – Região do SPT

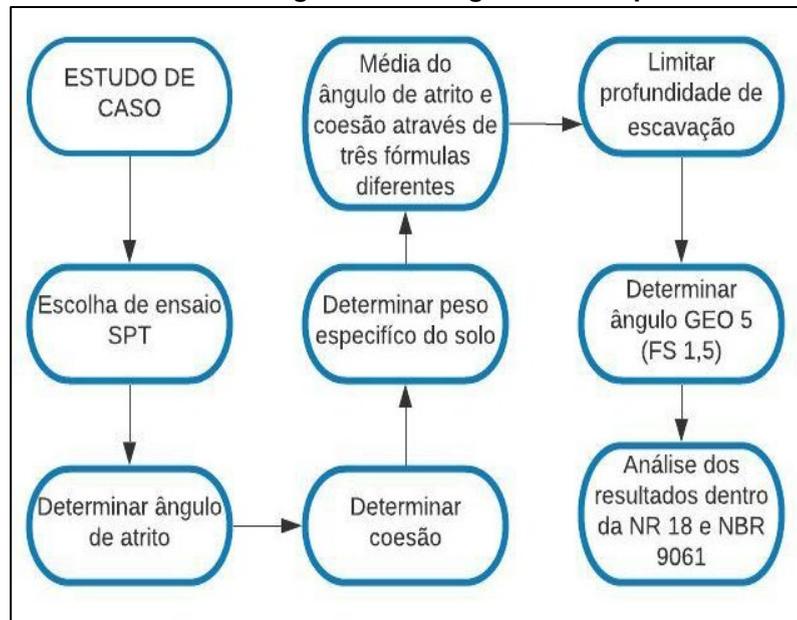


Fonte: Google Maps (2021)

3.3 FLUXOGRAMA DE PESQUISA

Para melhor compreensão do presente trabalho, na Figura 2 é possível entender as etapas necessárias para realização do mesmo. O Fluxograma apresentado descreve as etapas realizadas que servirão de caminho principal para atingir o objetivo principal desta pesquisa. Trata-se de um estudo de caso, do qual foi escolhido um ensaio de SPT de uma região da cidade de Joinville-SC, neste ensaio foi usado três furos, que permitiram calcular o ângulo de atrito, coesão e o peso específico do solo (através do número de golpes), para calcular o ângulo de atrito e a coesão se fez necessário usar três fórmulas diferentes para assim determinar uma média, em seguida necessitou limitar uma certa profundidade de escavação.

Figura 2 - Fluxograma de etapas



Fonte: Os autores (2021)

Após todos os cálculos realizados se fez o uso do *Software* GEO5 do qual determinou-se um ângulo com FS 1,5, apresentou-se outros valores diferentes desse FS 1,5 também, pois trata-se de tentativa e erro. Após todos os cálculos a mão e através do *software* realizados, apresentou-se todos os resultados determinando-os na obra, na escavação, implementando os mesmos através da NR18 e NBR 9061.

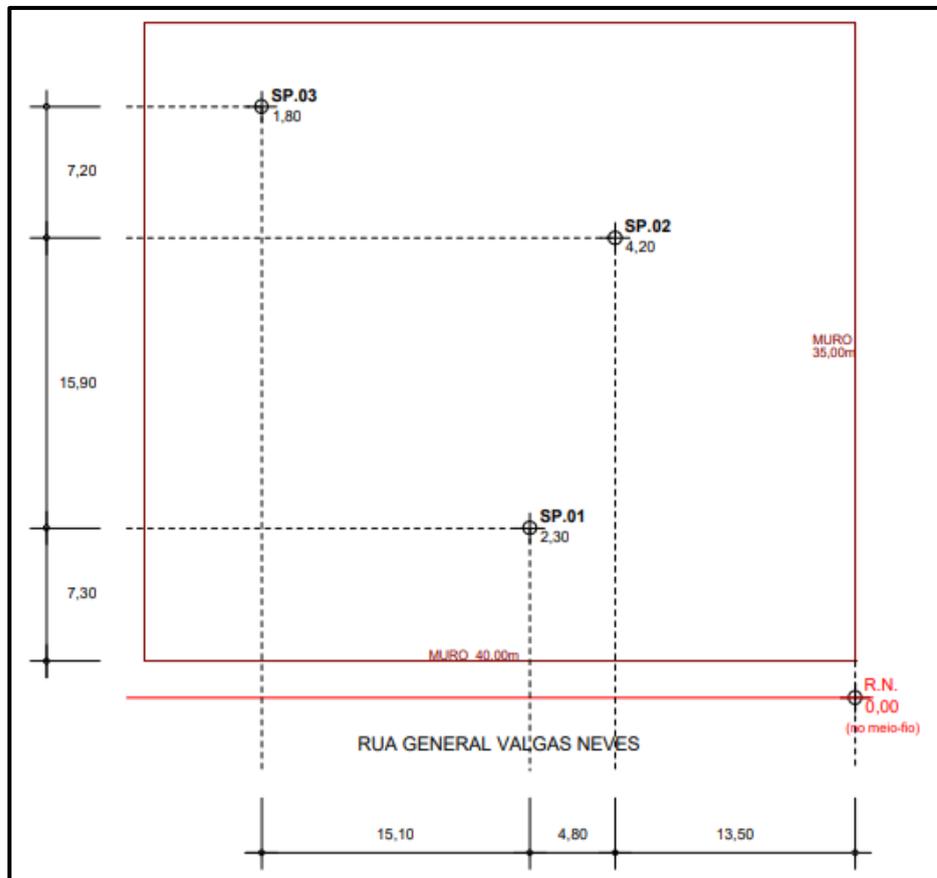
3.4 ESTUDO DE CASO

Este ponto vai relatar de forma detalhada cada processo que foi necessário para chegar no ângulo limite da pesquisa.

3.4.1 Ensaio SPT

Trata-se de um ensaio de SPT com três furos, que foi realizado para um edifício na região do bairro Atiradores, na cidade de Joinville-SC, na Figura 3 visualiza-se com clareza a locação dos três furos.

Figura 3 – Locação dos furos de sondagem



Fonte: Os autores (2021)

Na região do estudo se observa a ocorrência de cinco das oito classes identificadas em Joinville: Argissolo – Cambissolo – Gleissolo – Neossolo – Organossolo. Nas áreas das elevações com relevo mais acentuado, observa-se a ocorrência dos argissolos amarelos, apresentando textura argilosa, representando áreas com maior risco de rupturas e movimentação de massa. As porções mais aplainadas estão cobertas por cambissolos háplicos, gleissolos, neossolos litólicos e organossolos háplicos, tais solos são considerados jovens, com pouco desenvolvimento do perfil de solo (PMJ, 2012).

Os detalhes dos três furos do SPT de estudo encontram-se no Anexo A deste trabalho. No Quadro 1, verifica-se os dados de cada furo.

Quadro 1 – Dados dos furos SPT

SP.01	OBS. 33,00m= LIMITE DE SONDAÇÃO POR SOLICITAÇÃO DO CLIENTE							30 cm INICIAIS
								30 cm FINAIS
Leitura	Intervalo	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min. Profund. de Início (m) : --	SOND. ROTATIVA	SOND. À PERCUSSÃO
1	--	--	T. Cavadeira	0,00		Estagio 1 (cm) : --	ø	Amostrador : ø I = 1 3/8 "
2	--	--	T. Espiral		1,00	Estagio 2 (cm) : --	ø Revest. :	ø E = 2 "
3	12,00hs	4,20	Lavagem	1,00	33,00	Estagio 3 (cm) : --		ø Revestimento = 2 1/2 "
								Peso = 65 kg Alt. Queda = 75 cm
SP.02	OBS. 25,00m= LIMITE DE SONDAÇÃO POR SOLICITAÇÃO DO CLIENTE							30 cm INICIAIS
								30 cm FINAIS
Leitura	Intervalo	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min. Profund. de Início (m) : --	SOND. ROTATIVA	SOND. À PERCUSSÃO
1	--	--	T. Cavadeira	0,00		Estagio 1 (cm) : --	ø	Amostrador : ø I = 1 3/8 "
2	--	--	T. Espiral		1,00	Estagio 2 (cm) : --	ø Revest. :	ø E = 2 "
3	12,00hs	2,50	Lavagem	1,00	25,00	Estagio 3 (cm) : --		ø Revestimento = 2 1/2 "
								Peso = 65 kg Alt. Queda = 75 cm
SP.03	OBS. 25,00m= LIMITE DE SONDAÇÃO POR SOLICITAÇÃO DO CLIENTE							30 cm INICIAIS
								30 cm FINAIS
Leitura	Intervalo	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min. Profund. de Início (m) : --	SOND. ROTATIVA	SOND. À PERCUSSÃO
1	--	--	T. Cavadeira	0,00		Estagio 1 (cm) : --	ø	Amostrador : ø I = 1 3/8 "
2	--	--	T. Espiral		1,00	Estagio 2 (cm) : --	ø Revest. :	ø E = 2 "
3	12,00hs	3,80	Lavagem	1,00	25,00	Estagio 3 (cm) : --		ø Revestimento = 2 1/2 "
								Peso = 65 kg Alt. Queda = 75 cm

Fonte: Adaptado de Marcon (2010)

3.4.2 Ângulo de atrito

O ângulo de atrito do solo, designa características das partículas do solo, ou seja, ângulo máximo que a força lançada ao solo pode fazer com a força normal da superfície de contato. Para cálculo do ângulo de atrito utiliza-se a Fórmula 1.

$$\Phi = 28^\circ \times 0,4 \times N_{spt}$$

$$\Phi = \sqrt{20 \times N_{spt} + 15^\circ} \quad (1)$$

Quadro 2 – GeoRio

Tipo de solo	γ (kN/m ³)	ϕ' (graus)	c' (Kpa)
Aterro compactado (silte areno-argiloso)	19 – 21	32 – 42	0 – 20
Solo residual maduro Colúvio	17 – 21 15 – 20	30 – 38 27 – 35	5 – 20 0 – 15
Areia densa	18 – 21	35 – 40	0
Areia fofa	17 – 19	30 – 35	0
Pedregulho uniforme	18 – 21	40 – 47	0
Pedregulho arenoso	19 – 21	35 – 42	0

Fonte: Unisociesc (2021)

Para auxílio nos cálculos, usa-se como base no Quadro 2, onde verifica o tipo de solo a ser calculado, e assim definindo o grau do mesmo para inserir na fórmula.

3.4.3 Coesão

Coesão é a resistência ao cisalhamento do solo devido ao atrito, pode ser calculado seguindo a Fórmula 2 com o auxílio da Tabela 2 GeoRio.

$$C = 10 \times N_{spt}$$

$$C = N / 0,35 \quad (2)$$

3.4.4 Peso específico

Peso específico é a razão entre o peso e o volume do solo analisado. Para determinar esse peso específico, analisamos alguns dados padrões da Tabela 1 e 2 para cada tipo de solo.

Tabela 1 – Peso específico de solos argilosos

Nspt	Consistência	Peso específico (kN/m ³)
≤ 2	Muito mole	13
3 -5	Mole	15
6 – 10	Média	17
11 - 19	Rija	19
≥ 20	Dura	21

Fonte: Adaptado Godoy (1972)

Tabela 2 – Peso específico de solos arenosos

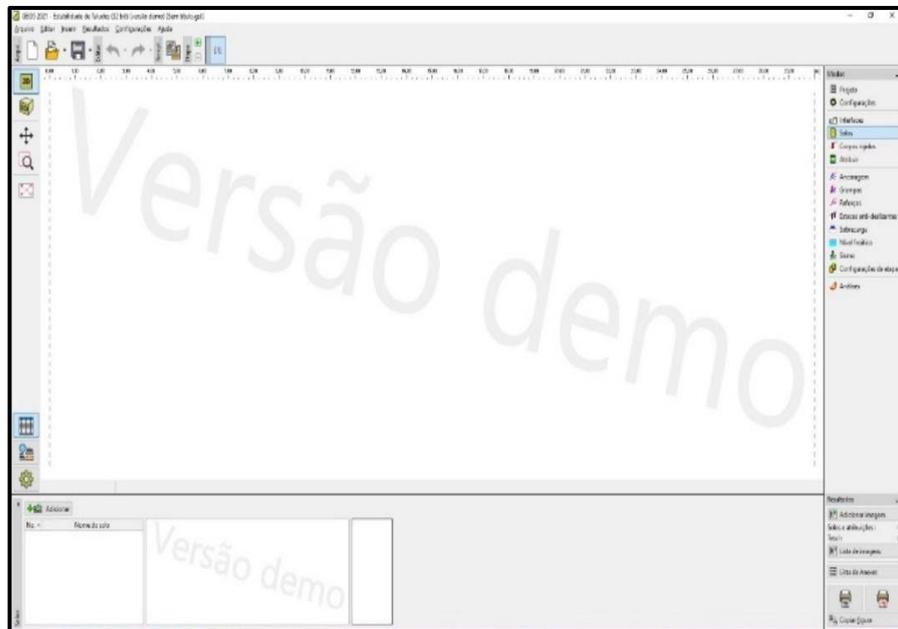
Nspt	Compacidade	Peso específico (kN/m ³)		
		Areia Seca	Úmida	Saturada
< 5	Fofa	16	18	19
5 – 8	Pouca compacta			
9 – 18	Medianamente compacta	17	19	20
19 – 40	Compacta	18	20	21
>40	Muito compacta			

Fonte: Adaptado Godoy (1972)

3.4.5 Software GEO 5

Trata-se de um programa de soluções geotécnicas, tais como: Fundações, assentamentos, muros e gabiões, sondagens entre outros similares. A Figura 4 ilustra o sistema GEO 5, do qual na pesquisa utilizou o comando de sondagens.

Figura 4 – Software GEO 5



Fonte: Os autores (2021)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo está relatado os resultados obtidos através desta pesquisa, sendo eles: ângulo de atrito, coesão, peso específico, cálculo através do software GEO 5, para os furos SP.01, SP.02 e SP.03 do ensaio SPT de estudo, e uma análise dos resultados dos mesmos dentro das normas NR 18 e NBR 9061.

4.1 ENSAIO SPT – SP.01

A seguir estão relatados todos os cálculos a respeito do furo SP.01 do SPT de estudo nos três possíveis tipos de solo.

1) SPT = 5 Aterro argiloso marrom 0 - 1,10m.

Ângulo de atrito:

$$\Phi = 30$$

$$\Phi = 25 \quad 30 \times 2/3 = 20^\circ$$

$$\Phi = 35$$

Coesão:

$$C = 50$$

$$C = 14,28 \quad 12,14 \times 2/3 = 8,10 \text{ Kpa}$$

$$C = 10$$

Peso específico: 15 Kn/m³

2) SPT = 4 Argila siltoso para arenoso marrom 1,10 – 1,80m.

Ângulo de atrito:

$$\Phi = 29,6$$

$$\Phi = 23,94 \quad 29,51 \times 2/3 = 19,67^\circ$$

Coesão:

$$C = 40$$

$$C = 11,43 \quad 10,71 \times 2/3 = 7,14 \text{ Kpa}$$

$$\Phi = 35$$

$$C = 10$$

Peso específico: 15 Kn/m³

3) SPT = 4 Silte argiloso para arenoso amarelo 1,80 – 2,40m

Ângulo de atrito:

Coesão:

$$\Phi = 29,6$$

$$C = 40$$

$$\Phi = 23,94 \quad 29,51 \times 2/3 = 19,67^\circ$$

$$C = 11,43$$

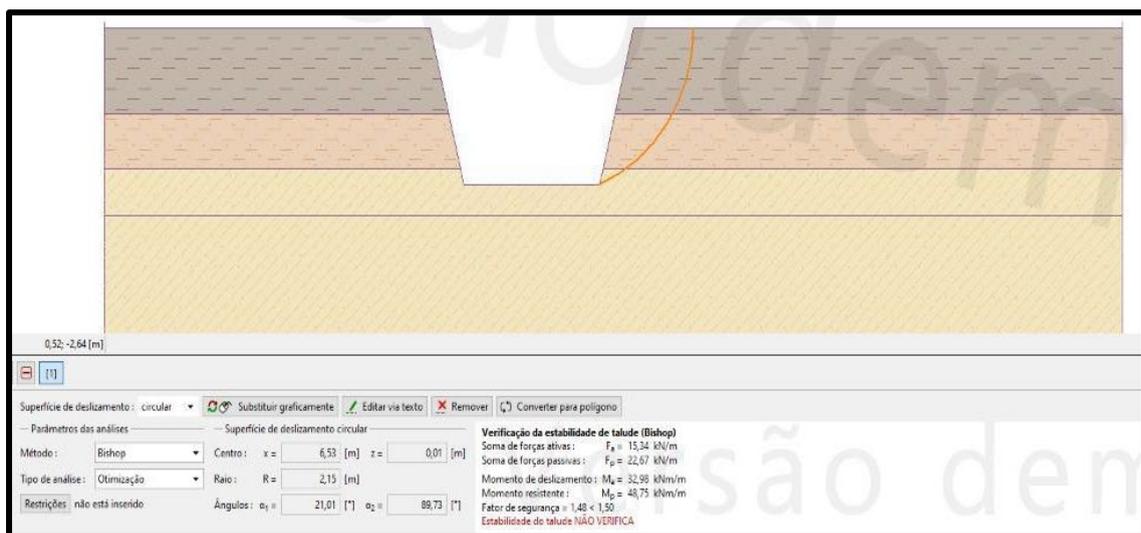
$$10,71 \times 2/3 = 7,14 \text{ Kpa}$$

$$\Phi = 35$$

$$C = 10$$

Peso específico: 16 Kn/m³

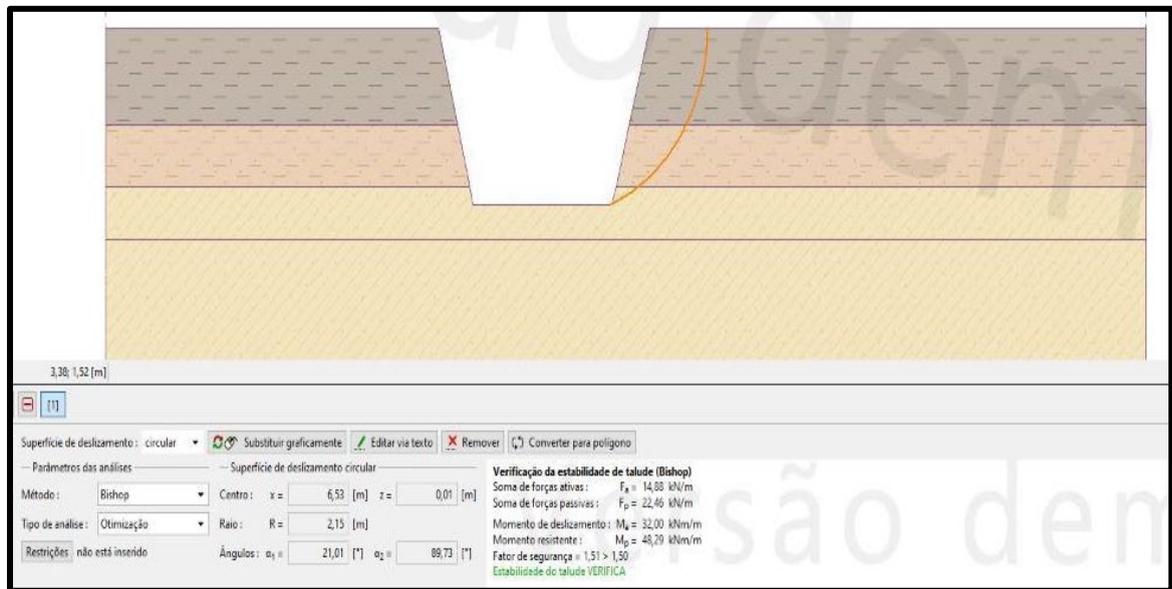
Figura 5 – Cálculos GEO 5 – SP.01



Fonte: Os autores (2021)

Assim, alimentando as informações no Software GEO5, foi desenvolvido o seguinte cenário para as Figuras 5 e 6 a respeito do furo SP.01. A Figura 5 retrata o primeiro furo com profundidade de 2,0m, com um ângulo de 76°, onde tem-se um fator de segurança, calculado no software a partir do método de BISHOP, de fator de segurança FS 1,48 próximo ao que a norma sugere que é de FS 1,5. Já na Figura 6, afim de encontrar o ângulo mínimo para o fator de segurança, como resposta o ângulo de 74,6°, o que resultou em um FS de 1,51, acima do limite de FS que se sugere na NBR 9061.

Figura 6 - Cálculos GEO 5 – SP.01



Fonte: Os autores (2021)

4.2 ENSAIO SPT – SP.02

Todos os cálculos a respeito do furo SP.02 do SPT de estudo, está relatado a seguir em dois possíveis tipos de solo.

1) SPT = 9 Argila siltosa, pouco arenosa, marrom 0 - 1,20m.

Ângulo de atrito:

$$\Phi = 31,6$$

$$\Phi = 28,42 \quad 32,24 \times 2/3 = 21,6^\circ$$

$$\Phi = 37$$

Coesão:

$$C = 90$$

$$C = 25,71$$

$$C = 10$$

$$17,85 \times 2/3 = 11,9 \text{ Kpa}$$

Peso específico: 17Kn/m³

2) SPT = 8 Silte argiloso, pouco arenoso, amarelo 1,20 – 2,60m.

Ângulo de atrito:

$$\Phi = 31,2$$

$$\Phi = 27,65 \quad 31,95 \times 2/3 = 21,3^\circ$$

$$\Phi = 37$$

Coesão:

$$C = 80$$

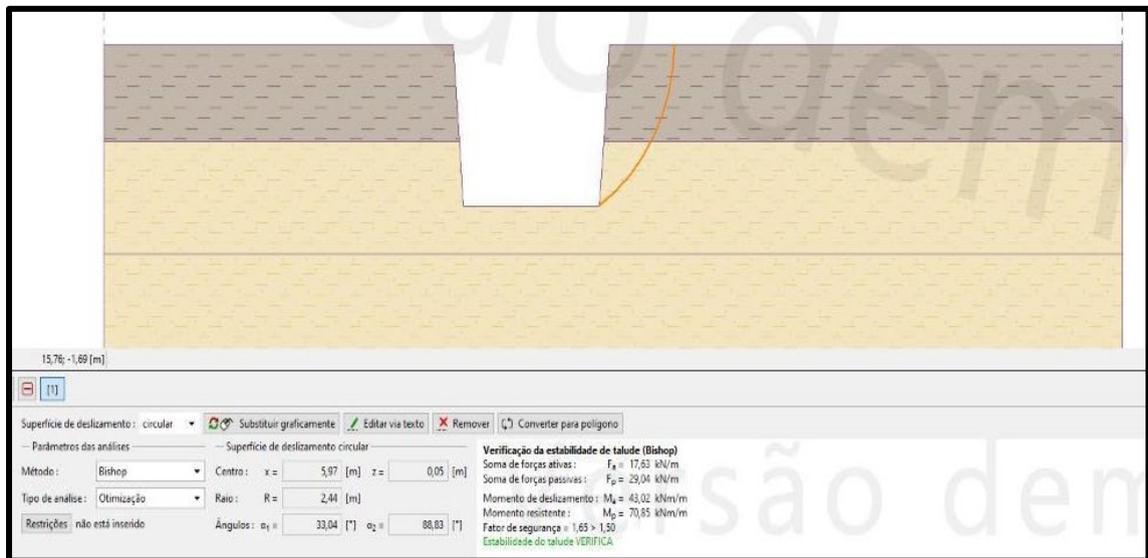
$$C = 22,86$$

$$C = 10$$

$$16,43 \times 2/3 = 10,95 \text{ Kpa}$$

Peso específico: 17Kn/m³

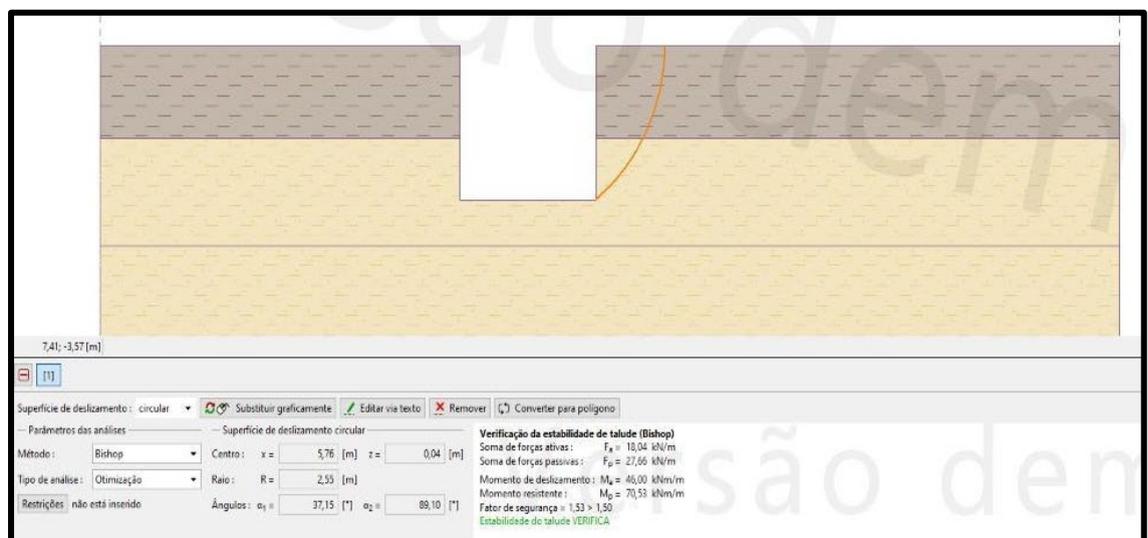
Figura 7 – Cálculos GEO 5 – SP.02



Fonte: Os autores (2021)

As Figuras 7 e 8 representam o SP.02 do SPT de estudo, do qual foi utilizado o *Software* GEO5 para melhor visualização das características. A Figura 7 utiliza-se de uma profundidade de 2,0m e um ângulo de 85,7°, com esses dados encontramos um fator de segurança de FS 1,65. Já a Figura 8 não possui inclinação (90°) e encontramos um fator de segurança de FS 1,53. Neste caso, apesar de tecnicamente o solo aceitar um ângulo de 90°, o mesmo pode sofrer modificações a nível de tensões, saturação, e até futuras movimentações sísmicas que podem ocasionar acidentes e instabilidades no talude.

Figura 8 - Cálculos GEO 5 – SP.01



Fonte: Os autores (2021)

4.3 ENSAIO SPT – SP.03

A respeito do furo SP.03 do SPT de estudo, está relato a seguir em dois possíveis tipos de solo.

1) SPT = 9 Argila siltosa, pouco arenosa, marrom 0 - 1,20m.

Ângulo de atrito:		Coesão:	
$\Phi = 31,6$		$C = 90$	
$\Phi = 28,42$	$31,07 \times 2/3 = 21,11^\circ$	$C = 25,71$	$17,85 \times 2/3 = 11,9 \text{ Kpa}$
$\Phi = 35$		$C = 10$	

Peso específico: 17Kn/m³

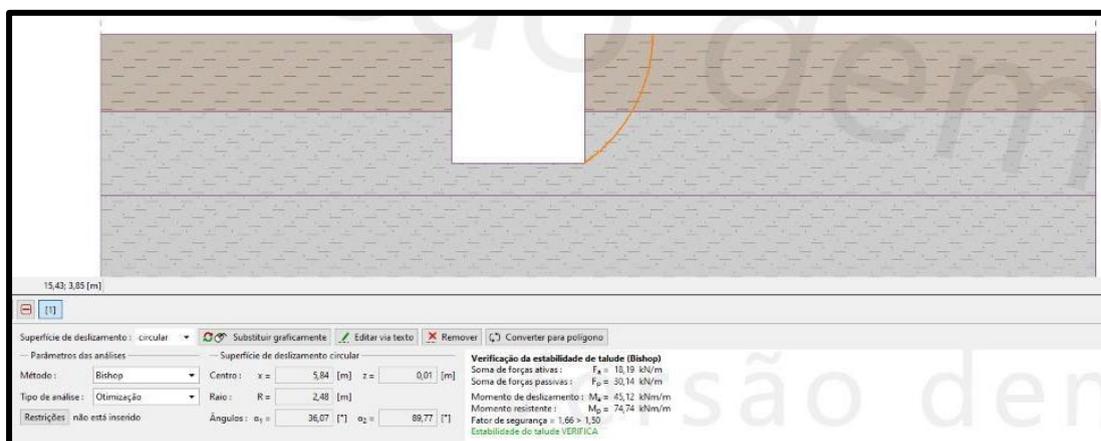
2) SPT = 10 Argila arenosa, cinza claro 1,20 – 2,50m.

Ângulo de atrito:		Coesão:	
$\Phi = 32$		$C = 100$	
$\Phi = 29,14$	$32 \times 2/3 = 21,3^\circ$	$C = 28,57$	$19,28 \times 2/3 = 12,86 \text{ Kpa}$
$\Phi = 35$		$C = 10$	

Peso específico: 17Kn/m³

Da mesma forma que os furos de sondagem SP.01 e SP.02, a Figura 9 apresenta os resultados do SP.03 considerando a profundidade de escavação igual a 2,0 m. Neste cenário iniciando com o ângulo de 90° o fator de segurança encontrado foi de FS 1,66. No entanto, apesar de tecnicamente o solo aceitar um ângulo de 90°, o mesmo pode sofrer modificações a nível de tensões, saturação, e até futuras movimentações sísmicas que podem ocasionar acidentes e instabilidades no talude. Portanto, através da utilização do *software* GEO5 observa-se como a ferramenta é interessante para analisar estabilidade de escavações em atividades da indústria da construção civil e serve de apoio para dimensionamento dos ângulos limites para cada cenário.

Figura 9 – Cálculos GEO 5 – SP.03



Fonte: Os autores (2021)

4.4 INTRODUÇÃO NA NR18 E NBR 9061

Esta pesquisa se aprofundou nos cálculos de ângulo limite para taludes o que envolve somente processo de dimensionamento. Para uma análise mais completa, se faz necessário também analisar as diretrizes da NR 18 e da NBR9061. Questões como características específicas do solo, complexidades geotécnicas, questões de segurança do trabalho e de execução devem ser analisadas, conforme recomendações das normas citadas.

Salienta-se que é importante implantar a NR 18 por motivos de segurança dos colaboradores e segurança futura, do início ao fim de toda obra, principalmente quando se trata de escavações a céu aberto, que é a etapa que tem um índice muito grande de acidentes de trabalho. A mesma cita que escavações com mais de 1,25m de profundidade devem dispor de escadas ou rampas, além de todo e qualquer material retirado da escavação, deve ser depositado na borda em uma distância de segurança para não desabar. A norma frisa de forma clara que, quando se trata de escavações em vias públicas, deve-se ser sinalizado e conter barreiras de isolamento em todo o perímetro, assim como sinalizações definitivas e noturnas para os colaboradores da obra em si.

Dentre os itens da NBR 9061 podemos destacar a necessidade de escoramentos em escavações em valas com profundidade mais que 1,25m. Com o estudo proposto nesta pesquisa em muitos casos é possível admitir a escavação sem a necessidade de escoramentos pois os cálculos respeitam o valor de segurança mínimo normativo. Acrescentamos porem que cada caso deve ser analisado particularmente, pois questões do meio podem influenciar nos resultados. Salienta-se

que existe uma atualização da a respeito da NBR 9061 no final do ano de 2020, no entanto, esta pesquisa explora a norma antiga, devido a ser o estudo de um SPT pronto anterior a esta atualização, pois no momento da execução, ainda estava vigente a anterior.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível chegar a algumas conclusões relativamente às temáticas aqui abordadas sobre as escavações a céu aberto em solos residuais na cidade de Joinville-SC. Este trabalho de conclusão de curso teve como intuito ressaltar a importância da segurança em obras, com foco em escavações a céu aberto. É válido ressaltar que hoje em dia a grande maioria dos acidentes de trabalho é em obras de construção civil. Para tanto tem-se a NR 18 que auxilia nas medidas de proteção de segurança necessárias para obras de construção civil.

Verificou-se a necessidade da análise de um ensaio de SPT na região central da cidade de Joinville-SC, região da qual tem uma certa diversidade de solos, para dar seguimento à pesquisa, através dos dados dos furos do SPT de estudo, foi possível calcular os ângulos de atrito, coesão, peso específico, para assim calcular com precisão o ângulo de atrito no *Software* GEO5, do qual permitiu verificar o ângulo de cada furo do ensaio de SPT escolhido, comparando-os entre si, SP.01, SP.02 e SP.03 verificando se atende as exigências mínimas das normativas NR 18 e NBR 9061, com a pretensão de reduzir acidentes futuros, tornando o ambiente de trabalho mais seguro.

Através de todos os cálculos a respeito dos três furos do SPT, foi possível concluir que mesmo para a sondagem SP.01, considerando uma escavação de 2,0m o ângulo limite encontrado foi de 74,6° com FS igual a 1,51. Já para as sondagens SP02 e SP03 encontramos como resultado, considerando escavação de 2,0m ângulo limite de 90° com fator de segurança de FS 1,53 e FS 1,66 respectivamente.

Em função dos resultados obtidos, percebe-se como as características geotécnicas do solo interferem no ângulo limite do mesmo. Os três furos citados encontram-se a uma distância de aproximadamente 15 metros e obtivemos diferença representativa de 20,6% entre os resultados.

Além disso, as recomendações da NR18 e da NBR9061 devem ser analisadas em cada caso específico, pois questões como características específicas do solo, complexidades geotécnicas, questões de segurança do trabalho e de execução

devem ser analisadas, conforme normas citadas.

Para trabalhos futuros recomenda-se avaliar maior número de sondagens na região para uma maior segurança nos resultados, além de estudar com maior profundidade os impactos que a NR18 e a NBR9061 podem influenciar nesta atividade.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, G. M. de. **Normas Regulamentadoras Comentadas. Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho**. Volume 1 e 2. 8ª Edição. Rio de Janeiro/RJ: Gerenciamento Verde Editora e Livraria Virtual, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484. Solo – **Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1995) **NBR 6502** – Rochas e solos.

_____. **NBR 9061**: Segurança de Escavação a Céu Aberto. Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR 12266** – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

AOKI, N. **Segurança e confiabilidade de fundações profundas**. 2004.

BARKOKÉBAS JR., B. et al. **Menos riscos nos canteiros**. PROTEÇÃO, Revista Mensal de Saúde e Segurança do Trabalho, n. 183, p. 72-77, 2007.

BARROS, **Persio Leister de Almeida**. **Obras de Contenção: manual técnico**. MACCAFERRI, 2009.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 790p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-18**: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Brasília: MTE, 2013a.

CALLISTER, J. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma Introdução**. 5 ed. Rio de Janeiro. Livros Técnicos Científicos. 2002. 589 p.

CÂMARA, Kadson, R. da R.; PEREIRA, Alexandre da C. **Análise de perfis de sondagem SPT e caracterização geotécnica de solos do município de Natal**. 2005.

CAMPOS, I. M. **Conheça os três tipos principais de solo: areia, silte e argila**. IBDA. 2006.

CAPUTO, H. P. (1988). **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. vol.1, 6ª ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2015. 248p.

CARTER, M. R. **Organic matter and sustainability**. In: REES, R. M.; BALL, B. C.; CAMPBELL, C. D.; WATSON, C. A. (Ed.). Sustainable management of soil organic matter. New York: CABI Publishing, 2001. p. 9-22.

CHRISTENSEN, B. T. **Organic matter in soil: structure, function and turnover**. Tjele: DIAS, 2000. 95 p. (DIAS Report. Plant Production, 30).

CHUVA, F. A. C. D. R. (2011) **Análise de um muro de suporte de terras**. Rio de Janeiro:

COUTO, P. M. F. (2014) **Estudo de soluções de contenção periférica em função das condicionantes de execução**. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

CRAIG, Robert F.: **Mecânica dos Solos**: 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação**. 3º Edição. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006. 274 p.

DONAGEMMA, Guilherme Kangussu et al. **Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, [s.l.], v. 51, n. 9, p.1003-1020, set. 2016. FapUNIFESP (SciELO). [http:// dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900001](http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900001).

ESPÍNDOLA, M.S. **Análise dos parâmetros geotécnicos dos solos moles da obra de ampliação do aeroporto internacional Hercílio Luz, Florianópolis**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, UFSC, Brasil, 2011.

FONTELES, H.R.N. (2003). **Caracterização geotécnica do subsolo da porção nordeste do Município de Fortaleza (CE) com base em Geoestatística**. 2003. 146 dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

FORTUNATO, E. (2016). **Segurança na Escavação de Valas - Recomendações e Boas Práticas**. Lisboa;

GONÇALVES, E. A. **Manual de Segurança e Saúde no Trabalho**.4. ed. São Paulo: LTR, 2008.

GUIMARÃES, J. E. P. A cal: **fundamentos e aplicações na engenharia civil**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

IFSC. **Origem e Formação dos Solos**. Santa Catarina. 2015.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Ed. Universidade de Passo Fundo. 3º edição, 2014.

MACIEL, Filho, C. L. **Introdução à geologia de engenharia**. 2.ed. Editora da UFS;

Brasília: Companhia de Recursos Minerais, 1997.

MARCON. S. L. **Ensaio SPT**. Atiradores. Joinville. 2010

MENEZES, G. S.; SERRA, S. M. B. **Análise das áreas de vivência em canteiros de obra**. III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção – III SIBRAGEC. UFScar, São Carlos, SP, 16 a 19 de setembro de 2003.

MORGENTAL. M. S. **Análise comparativa de perfis de sondagem SPT com caracterização dos solos em ensaios laboratoriais**. Santa Maria. 2017.

MOTA, R. J. **Análise da interação solo-estrutura de uma obra de contenção na cidade de Goiânia-GO**. Dissertação de mestrado departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Universidade de Brasília (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental), Brasília/DF, 2008.

NASCIMENTO. R. G. **Recomendações técnicas de procedimentos de escavações**. eng. Civil. 2014.

PICCOLO, A. **Humus and soil conservation**. In: PICCOLO, A. (Ed.). Humic substances in terrestrial ecosystems. Amsterdam: Elsevier, 1996. p. 225- 264.

PINTO, C. S., 2002, **Curso Básico de Mecânica dos solos**. 3. ed. [s.l.]: Oficina de Textos, 2002.

PMJ – Prefeitura Municipal de Joinville. **Levantamento de Cobertura Pedológica de Joinville**. Joinville, 2012.

RICARDO, H. D. S.; Catalini, G. (2007) **Manual Prático de Escavação**. 3°. ed. São Paulo: Pini.

SAMPAIO, J. C. A., **PCMAT: Programa de Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção**, São Paulo, Ed. PINI: SINDUSCON-SP, 1998 a, 193 p.

SAMPAIO. J. C. A. **Manual de aplicação da NR-18**. São Paulo. Ed. PINI: SindusCon-SP, 1998b, 540 p.

SILVA, Apolino José Nogueira da; CARVALHO, Fabíola Gomes de. **Coesão e resistência ao cisalhamento relacionadas a atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo de tabuleiro costeiro**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [s.l.], v. 31, n. 5, p.853-862, out. 2007. ISSN 1806-9657. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832007000500003>.

TOSCAN. F. B. **Estudo comparativo dos métodos de análise do teor de matéria orgânica nos solos**. Florianópolis. 2014.

ANEXO A

SP.01

PROF. CAMADAS (m)	PERFIL GEOLÓGICO	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	CONS.º OU COMP.º	RQD E % RECUP.			RECUPERAÇÃO PENETRAÇÃO				N.A. (m)	
				Nº GOLPES			20	40	60	80		
18,70		SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO, COLORAÇÃO VERMELHA E AMARELA	MED. COMP.º	5	8	10	10	20	40	80		
33,00				19	5	9	11	15	15	15		20
				20	6	11	13	15	15	15		24
				21	5	9	12	15	15	15		21
				22	7	10	12	15	15	15		22
				23	6	11	11	15	15	15		22
				24	7	11	12	15	15	15		23
				25	9	12	13	15	15	15		25
				26	7	9	11	15	15	15		20
				27	8	10	12	15	15	15		22
		28	6	9	13	15	15	15	22			
29		5	8	12	15	15	15	20				
30		7	9	13	15	15	15	22				
31		8	11	12	15	15	15	23				
32		10	11	13	15	15	15	24				
33		LIMITE DE SONDAGEM										
1,10			ATERRO ARGILOSO, COLORAÇÃO MARROM	POUCO COMP.º	2	3	2	5			4,20	
1,80			ARGILA SILTOSA, P/ ARENOSA, COL. MARROM	CONS. MÉDIAº	2	2	2	4				
2,40	SILTE ARGILOSO, P/ ARENOSO, COL. AMARELA		CONS. MOLEº	2	2	2	3					
3,00	SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, COLORAÇÃO VERMELHA		CONS. MÉDIAº	1	2	2	4					
				5	1	2	3					
				6	2	3	3					
				7	2	3	4					
				8	4	6	9	15				
				9	5	7	10	15				
7,60	SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, COLORAÇÃO VERMELHA E AMARELA		CONS. MUITO RLJAº	4	6	9	15					
				9	5	7	10					
				11	4	6	9	15				
				15	5	7	8	15				
				13	5	5	9	14				
				14	4	7	8	15				
				15	3	7	9	16				
				17	5	8	9	17				
17,80	SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO, COLORAÇÃO VERMELHA E AMARELA		MED. COMP.º	6	9	9	18					
			5	8	10	15						
			5	8	10	15						

SP.02

PROF. CARRADAS (m)	PERFIL GEOLOG.	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	CONS.º OU COMP.º	RQD E % RECUP.			RECUPERAÇÃO PENETRAÇÃO				N.A. (m)
				Nº GOLPES			20	40	60	80	
0,30		ATERRO ARGILOSO, COL. MARROM	F. COMP.								
1,20		ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, COLORAÇÃO MARROM	CONS. RUJA*	1	3	4	5	9			
2,60		SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, COLORAÇÃO AMARELA	CONS. RUJA*	2	3	4	4	8			
			CONS. RUJA*	3	3	4	4	7			
			CONS. RUJA*	4	3	4	4	6			
			CONS. MÉDIA*	5	2	3	3	5			
			CONS. MÉDIA*	6	2	3	3	6			
			CONS. MÉDIA*	7	1	2	3	5			
			CONS. MÉDIA*	8	2	3	4	7			
			CONS. MÉDIA*	9	3	3	5	8			
			CONS. RUJA*	10	3	5	5	10			
		SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, COLORAÇÃO VERMELHA E AMARELA	CONS. MÉDIA*	11	3	4	4	8			
			CONS. MÉDIA*	12	3	5	6	11			
			CONS. RUJA*	13	4	5	7	12			
			CONS. RUJA*	14	5	6	8	14			
			CONS. RUJA*	15	4	7	7	14			
			CONS. RUJA*	16	5	6	9	15			
			CONS. RUJA*	17	5	7	8	15			
			MUITO RUJA*	18	4	7	9	16			
18,30			MUITO RUJA*	19	5	8	9	17			
		SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, COLORAÇÃO VERMELHA E AMARELA	MUITO RUJA*	20	5	8	9	17			
			MUITO RUJA*	21	6	9	10	19			
			MUITO RUJA*	22	6	10	11	21			
		SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO, COLORAÇÃO AMARELA	MED. COMP.º	23	6	11	12	23			
			MED. COMP.º	24	7	12	12	24			
			MED. COMP.º	25	8	11	15	26			
			MED. COMP.º	26	9	12	14	26			
25,00		LIMITE DE SONDAGEM	MUITO RUJA*	27	9	12	14	26			
			MUITO RUJA*	28	15	15	15				
			MUITO RUJA*	29							
			MUITO RUJA*	30							
			MUITO RUJA*	31							
			MUITO RUJA*	32							
			MUITO RUJA*	33							
			MUITO RUJA*	34							
			MUITO RUJA*	35							

SP.03

PROF. CAMADAS (m)	PERFIL GEOLÓG	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	CONS.º OU COMP.º	RQD E % RECUP.			RECUPERAÇÃO PENETRAÇÃO				N.A. (m)
				Nº GOLPES			20	40	60	80	
0,40		ATERRO ARGILOSO, COLORAÇÃO MARROM	POUCO COMP.								
1,20		ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, COLORAÇÃO MARROM	1	3	4	5	9				
2,50		ARGILA ARENOSA, COLORAÇÃO CINZA CLARA	3	3	5	5	10				
3,40		SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, COLORAÇÃO AMARELA	3	2	4	6	10				
7,80		SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, COLORAÇÃO VERMELHA E AMARELA	CONS. RUA*	3	5	7	12				
			5	3	5	5	10				
			7	2	4	5	9				
			7	2	3	4	7				
			7	2	3	4	7				
15,80		SILTE ARGILOSO, POUCO ARENOSO, COLORAÇÃO AMARELA	CONS. MÉDIA*	3	3	5	8				
			9	3	4	6	10				
			11	4	5	7	12				
			11	3	6	8	14				
			11	4	7	7	14				
15,80		SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO, COLORAÇÃO AMARELA	CONS. RUA*	3	5	7	12				
			13	4	6	8	14				
			15	4	6	8	14				
			15	5	7	8	15				
			15	5	7	9	16				
17	6	7	10	17							
17	5	8	9	17							
17	5	7	9	17							
19	5	8	9	11							
19	5	9	10	19							
19	5	9	10	19							
21	6	9	11	20							
21	7	10	12	22							
21	7	10	12	22							
23	8	11	11	22							
23	9	12	13	25							
23	9	12	13	25							
25	8	10	14	24							
25	8	10	14	24							
25,00		LIMITE DE SONDAAGEM	25								
			27								
			29								
			31								
			33								
			35								

