

UNIDADE CENTRAL DE EDUCAÇÃO FAEM FACULDADES - UCEFF
FACULDADE EMPRESARIAL DE CHAPECÓ - FAEM
UCEFF FACULDADES
ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE TIPOS DE
FUNDAÇÃO SUPERFÍCIAL POR SAPATA ISOLADA E RADIER**

Cristian Bufon Mucelini
Trabalho de Conclusão de Curso

Chapecó - SC, novembro / 2015.

UNIDADE CENTRAL DE EDUCAÇÃO FAEM FACULDADES - UCEFF
FACULDADE EMPRESARIAL DE CHAPECÓ - FAEM
UCEFF FACULDADES
ENGENHARIA CIVIL
10º PERÍODO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PROF. POLIANA BELLEI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE TIPOS DE
FUNDAÇÃO SUPERFÍCIAL POR SAPATA ISOLADA E RADIER**

CRISTIAN BUFON MUCELINI

Chapecó - SC, novembro de 2015.

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE TIPOS DE
FUNDAÇÃO SUPERFÍCIAL POR SAPATA ISOLADA E *RADIER***

CRISTIAN BUFON MUCELINI

Este trabalho de conclusão foi julgado adequado para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, e aprovado pelo curso de Engenharia Civil da Unidade Central de Educação Faem Faculdades.

Prof. (a)
Coordenador (a) de Estágio

Apresentando a Comissão Examinadora integrada pelos Professores (as):

Prof. (a)
Presidente da Comissão e Orientador (a)

Prof. (a)
Membro da Comissão

Prof. (a)
Membro da Comissão

Chapecó (SC), 19 / 11 / 2015.

Dedico esse trabalho aos meus
pais Guerino e Neivete, pois sem
eles não seria possível essa conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai Guerino que além de me ajudar em tudo que foi necessário durante esse curso, sempre me incentivou a atingir meus objetivos.

Agradeço a minha mãe Neivete que além de me ajudar em tudo que foi necessário durante esse curso, é exemplo de mulher honesta e batalhadora.

Agradeço a minha irmã Viviane pela simplicidade e amizade durante todos esses anos.

Agradeço a minha namorada Daniela que sempre esteve ao meu lado, me ajudando e incentivando para a conclusão deste trabalho.

Agradeço a professora orientadora Poliana por seu interesse e dedicação em me ajudar a concluir esse trabalho.

Agradeço a empresa Urbana Engenharia Integrada, principalmente ao Engenheiro Jefferson R. Sales da Silva que me ajudou e tirou minhas dúvidas quanto a utilização do CAD-TQS.

A todos os amigos e familiares que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho, muito obrigado.

A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,
mas pensar o que ninguém ainda pensou
sobre aquilo que todo mundo vê.

(Arthur Schopenhauer)

RESUMO

Este trabalho consiste em apresentar a viabilidade econômica entre a execução da fundação por sapata isolada e a fundação por radier, será analisada uma obra específica localizada na cidade de Chapecó-SC. A fundação é etapa primordial em uma obra, sendo assim, torna-se importante que as mesmas sejam escolhidas de acordo com o ambiente e de forma econômica. A obra escolhida é uma residência unifamiliar executada em alvenaria convencional, onde primeiramente foram analisados os projetos originais e os parâmetros do solo da região. Em seguida, os dois tipos de fundação foram dimensionados por meio do software CAD/TQS. Diante dos dados quantitativos obtidos, foram determinados os custos para os principais materiais e serviços, que compõem a execução das fundações. Quanto aos custos resultantes em cada orçamento, a fundação por radier apresentou um consumo de aço muito elevado comparado a fundação por sapata isolada, sendo a opção mais cara. Este é um estudo comparativo que visa proporcionar informações válidas para consultas futuras no processo de escolha do tipo mais adequado de fundação para um empreendimento.

Palavras-chave: Fundações. Viabilidade econômica. Sapata isolada. Radier.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Radier Liso	32
Figura 2 - Radier com Pedestais ou Cogumelos.....	32
Figura 3 - Radier Nervurado.....	32
Figura 4 - Radier em Caixão	33
Figura 5 - Fissura paralela à junta de contração.....	35
Figura 6 - Fissuras superficiais concentradas	35
Figura 7 - Fissuras de retração por evaporação	36
Figura 8 - Exemplo de Radier	38
Figura 9 - Vista lateral corte A-A.....	38
Figura 10 - Planta Baixa Projeto Original	44
Figura 11 - Vista Fachada Sul em 3D	47
Figura 12 - Piso 0 Fundação	48
Figura 13 - Piso 1 Baldrame	48
Figura 14 - Piso 2 Cobertura	49
Figura 15 - Pórtico da estrutura.....	49
Figura 16 - Pórtico da estrutura em 3D.....	50
Figura 17 - Locação dos pilares e carga das paredes	55
Figura 18 - Detalhamento da Grelha	55
Figura 19 - Deslocamentos da Grelha.....	56
Figura 20 - Pórtico da estrutura em 3D.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Módulo de reação do solo k_{s1} em kgf/m^3	41
Tabela 2 - Quantitativo de aço para as sapatas S1 à S18.....	51
Tabela 3 - Quantitativo de aço para as sapatas S19 à S36.....	52
Tabela 4 - Resumo final de aço para a fundação por sapata isolada.....	53
Tabela 5 - Quantitativo de concreto para a fundação por sapata isolada.....	53
Tabela 6 - Resumo final de concreto para a fundação por sapata isolada.....	54
Tabela 7 - Quantitativo de aço das armaduras principais por radier	57
Tabela 8 - Resumo quantitativo das armaduras principais por radier	57
Tabela 9 - Quantitativo de aço das armaduras positivas secundárias por radier	58
Tabela 10 - Resumo quantitativo das armaduras positivas secundárias por radier	59
Tabela 11 - Quantitativo de aço das armaduras negativas principais 1 a 28.....	60
Tabela 12 - Quantitativo de aço das armaduras negativas principais 29 a 66.....	61
Tabela 13 - Resumo quantitativo das armaduras negativas principais por radier	62
Tabela 14 - Resumo total de aço para a fundação por radier	62
Tabela 15 - Quantitativo de Concreto para a fundação por radier	63
Tabela 16 - Resumo final de concreto para a fundação por radier	63
Tabela 17 – Custo total da fundação por sapata isolada	66
Tabela 18 – Custo total da fundação por radier	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Ações nas fundações.....	23
Quadro 2 - Tensões Básicas NBR 6122:2010	28
Quadro 3 – Código e descrição para os itens da planilha TCPO	64
Quadro 4 – Unidade e preços para os itens da planilha TCPO.....	65
Quadro 5 - Código e descrição para os itens da planilha SINAPI / SC	65
Quadro 6 - Unidade e preços para os itens da planilha SINAPI / SC.....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Valor total de cada fundação.....	67
Gráfico 2 - Porcentagem correspondente dos materiais para cada fundação	68

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ELS - Estado Limite de utilização ou de serviço

ELU – Estado Limite Último

SPT – Sondagem a Percussão

SPT-T - Sondagem a Percussão (Complementado com medidas de torque)

CPT - Ensaio de Penetração de Cone

CPT-U - Ensaio de Penetração de Cone (Com medidas das pressões neutras)

PMT - Ensaio Pressiométrico Tipo Ménard

σ_0 - Pressão Básica

ACI – American Concrete Institute

l - Espaçamento Entre Colunas

b - Largura da Faixa de Influência da Linha de Colunas

k_v - Coeficiente de Reação Vertical do Solo;

EI - Rigidez à Flexão da Faixa.

A_r – Área do Radier;

δ_s – Tensão Admissível do Solo;

$\sum P$ – Soma de Todas as Cargas Sobre o Radier.

CG - Centro de Gravidade

A_f - Área de Influência de Cada Pila

q_i - Pressão Média

D – Rigidez a Flexão da Placa

k_v – coeficiente de reação vertical do solo;

w – Deslocamento do ponto em questão.

t - espessura da placa;

E - Módulo de Young do material;

ν - coeficiente de Poisson do material da placa.

K_{s1} - Módulo de Reação de Ensaio de Placa

TCPO - Tabela de Composições de Preços para Orçamentos

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMA	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivo Específico	15
2 AMBIENTE DE ESTUDO	15
3 REVISÃO TEÓRICA	16
3.1 CONCEITO DE FUNDAÇÃO SUPERFICIAL	16
3.2 REQUISITOS DE UM PROJETO DE FUNDAÇÕES	16
3.3 SOLO	18
3.3.1 Investigação do Solo	18
3.3.2 Estabilização do Solo	18
3.4 TIPOS DE FUNDAÇÃO SUPERFICIAL E SUA TERMINOLOGIA	19
3.4.1 Sapata Isolada	20
3.4.2 Sapata Associada	21
3.4.3 Bloco	21
3.4.4 Radier	22
3.5 CONCEPÇÃO DA FUNDAÇÃO	22
3.6 AÇÕES NAS FUNDAÇÕES	23
3.7 ESCOLHA DA FUNDAÇÃO SUPERFICIAL	24
3.8 PARÂMETROS DE DEFORMIDADE.....	25
3.9 SEGURANÇA.....	25
3.10 RECALQUES.....	25
3.10.1 Previsão de Recalques	26
3.10.2 Recalques admissíveis	28
3.11 RISCOS EM FUNDAÇÕES	30
3.11.1 Riscos Desconhecidos	30
3.11.2 Riscos Calculados	30
3.12 RADIER	31
3.12.1 Classificação da Geometria.....	31
3.12.2 Classificação da Rigidez à Flexão	33
3.12.3 Radier em Concreto Armado	34
3.12.4 Modelos de Cálculo	36
3.12.5 Estabilidade e Capacidade de Porte do Radier	36
3.12.6 Métodos para Cálculo do Radier	37
3.12.7 Uso de Tabelas	41
4 METODOLOGIA	45
4.1 MÉTODOS DA PESQUISA	45
4.2 NÍVEIS DA PESQUISA	44
4.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA	44
4.4 INSTRUMENTOS DE MEDIDA E COLETA DE DADOS.....	44
4.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	44
4.6 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	45
5 RESULTADOS DO ESTUDO	44
5.1 DIAGNOSTICO DA ÁREA	44
5.1.1 Projeto Original	44
5.2 PROPOSTA DE MELHORIAS NA ÁREA	47

5.2.1 Sapata Isolada	47
5.2.2 Radier	54
5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS	63
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil passou por um constante crescimento na área da construção civil, tal crescimento exigiu dos construtores obras com prazos de execução cada vez menores. Porém, quando se estabelece uma expansão rápida na produção, normalmente origina-se uma perda significativa na qualidade final do produto, provocando assim, inúmeros problemas futuros nas edificações.

A execução da fundação, seja ela de pequeno ou grande porte, é um item primordial para um o funcionamento de todo o conjunto estrutural. Uma atenção maior na execução da fundação reduz custos futuros com reparos e retrabalhos, ou seja, é uma certeza maior na qualidade final da obra.

Segundo Velloso e Lopes (2011), na Engenharia de Fundações, o profissional vai lidar com um material natural sobre o qual pouco se pode modificar, isto é, tem que aceitá-lo como o mesmo se apresenta, com seus comportamentos específicos e suas eventuais propriedades. Diante desses fatos decorre ao engenheiro responsável da obra, fiscalizar e acompanhar a análise do solo desde o início da concepção do projeto.

Quando se trata de obras residenciais e comerciais de pequeno e médio porte, e dependendo das características do solo, é comum o uso de fundações superficiais para diminuir custos e tempo. Cabe ao projetista analisar qual o tipo de fundação superficial mais viável para cada situação. Dentre os vários tipos de fundação superficial pode-se citar as sapatas isoladas e o radier.

Para Milititsky, *et al.* (2005), pela larga utilização em construções de pequeno porte devido a sua facilidade construtiva, as fundações superficiais são, muitas vezes, executadas sem projeto, sem a devida qualificação profissional e sem supervisão e acompanhamentos do engenheiro responsável, resultando em problemas variados e frequentes.

O presente trabalho tem a finalidade de apresentar o método mais viável em termos de consumo de materiais e custos, para esses dois tipos de fundação, bem como o desempenho da fundação sapata isolada e do *radier*. Diante destes fatos optou-se por fazer uma análise econômica e técnica das alternativas propostas, devendo ser estudada a viabilidade executiva, custos e materiais necessários.

1.1 PROBLEMA

Qual o diferencial de custos entre a execução de fundação por sapata isolada e radier?

Quais os itens que influenciam no emprego de cada uma dessas fundações?

A execução por sapata isolada foi à alternativa mais viável para a obra em questão?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômica entre fundação superficial por sapata isolada e fundação superficial por radier.

1.2.2 Objetivo Específico

Analisar as etapas construtivas da fundação original (sapata isolada) e comparar com a fundação hipotética proposta (radier);

Fazer um comparativo quantitativo dos materiais empregados em cada situação;

Identificar o custo geral da fundação original e da fundação proposta.

2 AMBIENTE DE ESTUDO

O estudo de caso foi implantado na construtora HRS - Horus Construtora e Incorporadora LTDA, atuando há 10 anos na cidade de Chapecó, possui como referência atualmente a concepção de obras de grande porte.

O presente trabalho teve seu desenvolvimento com o foco em fundações superficiais, onde foi acompanhado a execução da fundação tipo sapata em uma obra localizada no Condomínio Residencial Terrasol em Chapecó - SC. A obra é residencial executada em alvenaria convencional, possuindo 143,63 m² e apenas um pavimento. Sendo uma residência ampla e horizontal, o engenheiro responsável optou por executar sapatas isoladas, segundo o mesmo, isso proporcionou grande redução de custos e também de tempo.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 CONCEITO DE FUNDAÇÃO SUPERFICIAL

Para Vargas (2002), fundação é um termo utilizado na engenharia para denominar as estruturas responsáveis por transmitir as solicitações dos esforços das construções ao solo. Existem inúmeros tipos de fundações e são projetadas levando em consideração a carga que recebem e as características geotécnicas dos solos que as suportarão.

Fundações superficiais (rasas ou diretas) são elementos de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Incluem-se neste tipo de fundação os blocos, as sapatas (isoladas, corridas, associadas, alavancadas, vigas de fundação) e os radiers (NBR 6122- ABNT, 2010, p. 2).

3.2 REQUISITOS DE UM PROJETO DE FUNDAÇÕES

Segundo Velloso e Lopes (2011), os requisitos básicos a que um projeto de fundações deverá atender são:

- Deformações aceitáveis sob as condições de trabalho - corresponde a verificação de estados limites de utilização ou de serviço (ELS) de que trata a norma NBR 8681 (ABNT, 2003);
- Segurança adequada ao colapso do solo de fundação ou estabilidade "externa" - corresponde à verificação de estados limites últimos (ELU);
- Segurança adequada ao colapso dos elementos estruturais ou estabilidade "interna" - corresponde à verificação de estados limites últimos (ELU); Consequências do não atendimento a esses requisitos podem acarretar em problemas de deformação excessiva, colapso do solo, tombamento, deslizamento e colapso estrutural. E também outros requisitos específicos, são eles:
 - Segurança adequada ao tombamento e deslizamento (também estabilidade "externa"), a ser verificada nos casos em que forças horizontais elevadas atuam em elementos de fundação superficial;
 - Segurança a flambagem;
 - Níveis de vibração compatíveis com o uso da obra, a serem verificados nos casos de ações dinâmicas;

3.3 SOLO

No presente item será destacado brevemente, alguns aspectos importantes na análise do solo. Será demonstrado as várias formas de ensaios, assim como as mais empregadas no Brasil.

3.3.1 Investigação do Solo

Os autores Velloso e Lopes (2011), descrevem que o projetista de fundações deve se envolver com o processo de investigação do subsolo desde seu início. Infelizmente, na prática, isso geralmente não acontece, e ao projetista é entregue, junto com informações sobre a estrutura, para a qual deve projetar a fundação, um conjunto de sondagens. Nesse caso, e havendo dúvidas que impeçam o desenvolvimento do projeto, essas sondagens devem ser consideradas uma investigação preliminar, e uma investigação complementar deve ser solicitada.

Para Velloso e Lopes (2011), explicam e detalham as etapas para a investigação do solo. O primeiro passo para uma investigação adequada do subsolo é a definição de um programa, que irá definir as etapas da investigação e os objetivos a serem alcançados. As etapas são:

- Investigação preliminar;
- Investigação complementar ou de projeto;
- Investigação para a fase de execução.

Na investigação preliminar objetiva-se conhecer as principais características do subsolo. Nesta fase, em geral, são executadas apenas sondagens a percussão, salvo nos casos em que se sabe *A Priori* da ocorrência de blocos de rocha que precisam ser ultrapassados na investigação, quando, então, solicitam-se sondagens mistas. O espaçamento ou a "malha" de sondagens é geralmente regular (por exemplo, um furo a cada 15 ou 20 m), e a profundidade das sondagens deve procurar caracterizar o embasamento rochoso. (VELLOSO e LOPES, 2011, p. 36).

Ainda Velloso e Lopes (2011), citam que na investigação complementar, procuram-se esclarecer as feições relevantes do subsolo e caracterizar as propriedades dos solos mais importantes do ponto de vista do comportamento das fundações. Se antes desta fase já se tiver escolhido o tipo de fundação a ser adotado, questões executivas também podem ser esclarecidas. Nesta fase, são executadas mais algumas sondagens, fazendo com que o total atenda as exigências de normas, e, eventualmente, realizando-se sondagens mistas ou especiais para a retirada de amostras indeformadas, se forem necessárias. Nesta etapa, são realizados

alguns ensaios *in situ* - além do ensaio de penetração dinâmica (SPT) que é executado nas sondagens a percussão, - como ensaios de cone (CPT), de placa etc.

As amostras indeformadas podem ser utilizadas em ensaios em laboratório, os quais devem ser especificados e acompanhados pelo projetista.

Para Velloso e Lopes (2011), a investigação para a fase de execução deve ser indicada também pelo projetista e poderá ser ampliada pelo responsável pela execução da obra. Esta investigação, visa confirmar as condições de projeto em áreas críticas da obra, assim consideradas pela responsabilidade das fundações (exemplo típico: pilares de pontes) ou pela grande variação dos solos na obra.

Outra necessidade de investigação na fase de obra pode vir da dificuldade de executar o tipo de fundação previsto. Em qualquer dos casos, o projetista deve acompanhar as investigações desta fase ou, pelo menos, ser colocado a par dos resultados (VELLOSO e LOPES, 2011, p. 35 e 36).

3.3.2 Estabilização do Solo

Segundo Casagrande (2011), entende-se por melhoria ou reforço de solos a utilização de processos físicos e/ou químicos que visem o melhoramento das propriedades mecânicas dos solos. O termo melhoria de solo está associado ao tratamento através de processos químicos, enquanto que o termo reforço está associado à utilização de inclusões em aterros ou taludes.

Quaresma, *et al.* (1998), a elaboração de projetos geotécnicos em geral e de fundações em particular exige, um conhecimento adequado dos solos. É necessário proceder-se à identificação e à classificação das diversas camadas componentes do substrato a ser analisado, assim como à avaliação das suas propriedades de engenharia.

Ainda os autores citam que ao se realizar uma sondagem pretende-se conhecer o tipo de solo atravessado através da retirada de uma amostra deformada a cada metro perfurado, obter-se a resistência (N) oferecida pelo solo à cravação do amostrador padrão, obter-se a posição do nível ou dos níveis d'água, quando encontrados durante a perfuração, além de possibilitar a execução de vários ensaios *in loco* aproveitando-se a perfuração.

Para Quaresma, *et al.* (1998), os principais tipos de ensaios de campo existentes são:

- “Standard Penetration Test” – SPT;
- “Standard Penetration Test” complementado com medidas de torque – SPT-T;
- Ensaio de Penetração de Cone – CPT;
- Ensaio de Penetração de Cone com medidas das pressões neutras – CPT-U;
- Ensaio de Palheta – VANE TEST;

- Pressiômetro (de Ménard e auto-perfurantes);
- Dilatômetro de Marchetti;
- Ensaios de carregamento de placa-prova de carga;
- Ensaios Geofísicos, em particular o ensaio de “CROSS-HOLE”.

Quaresma, *et al.* (1998) salienta que, o método de investigação de solos mais empregado no Brasil é o Standard Penetration Test (SPT). Com origem na América do Norte, tal método é padronizado internacionalmente desde 1988, sendo normatizado pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) através da norma NBR 6484:1997.

3.4 TIPOS DE FUNDAÇÃO SUPERFICIAL E SUA TERMINOLOGIA

De acordo com YAZIGI (2013, P. 171):

Fundação superficial é a carga transmitida ao terreno, predominante pelas pressões distribuídas sob a base da fundação e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação; as principais formas de execução são sapatas isoladas, sapatas associadas, blocos e *radiers*.

3.4.1 Sapata Isolada

Velloso e Lopes (2011), descrevem as sapatas como elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nela produzidas não podem ser resistidas pelo concreto, de que resulta o emprego de armadura. Pode ter espessura constante ou variável e sua base em planta é normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal.

Ainda os autores citam que as sapatas de fundação podem ter altura constante ou variável, a adoção de altura variável proporciona uma economia considerável de concreto nas sapatas maiores. Em planta, as sapatas podem tomar as formas mais diversas, desde retângulos e círculos até polígonos irregulares.

Para Melhado (2002), na construção de uma sapata isolada, são executadas as seguintes etapas:

- Fôrma para o rodapé, com folga de 5 cm para execução do concreto “magro”;
- Posicionamento das fôrmas, de acordo com a marcação executada no gabarito de locação;
- Preparo da superfície de apoio;
- Colocação da armadura;
- Posicionamento do pilar em relação à caixa com as armações;

- Colocação das guias de arame, para acompanhamento da declividade das superfícies do concreto;
- Concretagem: a base poderá ser vibrada normalmente, porém para o concreto inclinado deverá ser feita uma vibração manual, isto é, sem o uso do vibrador.

3.4.2 Sapata Associada

Segundo Brito (1987), um projeto econômico deve ser feito com o maior número possível de sapatas isoladas. No caso em que a proximidade entre dois ou mais pilares, seja tal, que as sapatas isoladas se superponham, deve-se executar uma sapata associada. A viga que une os dois pilares denomina-se viga de rigidez, e tem a função de permitir que a sapata trabalhe com tensão constante.

De acordo com a Revista Techne (2004), a sapata associada é utilizada quando há pilares muito próximos e as sapatas isoladas se sobrepõe. Além disso, podem ser necessárias quando as cargas estruturais forem grandes. Como nas sapatas isoladas, o posicionamento da peça de fundação deve respeitar o centro de cargas dos pilares.

Cabe destacar que a sapata associada é uma fundação comum a mais de um pilar, sendo também chamada sapata combinada ou conjunta. Transmitem ações de dois ou mais pilares e é utilizada como alternativa quando a distância entre duas ou mais sapatas é pequena (BASTOS, 2012, p. 2).

3.4.3 Bloco

Segundo Yazigi (2013), bloco de fundação é o elemento de fundação superficial de concreto, dimensionado de modo, que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura. Pode ter as faces verticais, inclinadas ou escalonadas, e apresentar planta de seção quadrada ou retangular.

Para Velloso e Lopes (2011), o dimensionamento estrutural dos blocos é feito de tal maneira que dispensem armação (horizontal) para flexão. Assim, as tensões de tração, que são máximas na base, devem ser inferiores a resistência à tração do concreto. Nessa condição, a segurança ao cisalhamento estará atendida.

Não há qualquer impedimento ao uso de blocos em decorrência dos valores das cargas. Acontece que, para cargas elevadas, as alturas dos blocos podem obrigar a escavações profundas (às vezes atingindo o nível d'água) ou conduzir a volumes de concreto que os colocam em desvantagem quando comparados às sapatas (VELLOSO e LOPES, 2011, P.132).

3.4.4 Radier

Segundo Velloso e Lopes (2011), na antiga norma NBR 6122 (ABNT, 1996), a viga de fundação se distinguiu da sapata corrida na medida em que a primeira recebia pilares num mesmo alinhamento, e a segunda, uma carga distribuída (por exemplo, uma parede).

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), os dois tipos passaram a se chamar sapata corrida. Ainda na norma antiga, a expressão radier era reservada para a fundação que recebia todos os pilares de uma estrutura, ficando a expressão *sapata associada* para a fundação que recebesse parte dos pilares da estrutura. A nova norma permite o uso da expressão radier em qualquer caso. Com isso, torna-se interessante adotar as expressões utilizadas na França (país onde se originou a expressão radier): radier *parcial*, para o caso de receber parte dos pilares e radier *geral*, para o caso de receber todos os pilares da obra.

Para Yazigi (2013), radier é uma sapata associada que abrange todos os pilares de obras ou carregamento distribuídos (tanques, depósitos, silos, etc.). Os principais tipos de radier: são lisos, com pedestais ou cogumelos, com vigamento e em caixão.

3.5 CONCEPÇÃO DA FUNDAÇÃO

Velloso e Lopes (2011), destacam os elementos necessários para a concepção da fundação, sendo eles:

Topografia da área: Levantamento topográfico, dados sobre taludes e encostas no terreno (ou que possam, no caso de acidente, atingir o terreno) e dados sobre erosões (ou evoluções preocupantes na geomorfologia);

Dados Geológico-geotécnicos: Investigação do subsolo (preferencialmente em duas etapas; preliminar e complementar) e outros dados geológicos e geotécnicos (mapas, fotos aéreas e levantamentos aerofotogramétricos, artigos sobre experiências anteriores na área etc.);

Dados da estrutura a construir: Tipo de uso que terá a nova obra, sistema estrutural e cargas (ações nas fundações);

Dados sobre construções vizinhas: Tipo de estrutura e fundações, número de pavimentos, carga média por pavimento, desempenho das fundações, existência de subsolo e possíveis consequências de escavações e vibrações provocadas pela nova obra;

3.6 AÇÕES NAS FUNDAÇÕES

Para Velloso e Lopes (2011), as solicitações a que uma estrutura está sujeita podem ser classificadas de diferentes maneiras. Em outros países, é comum separá-las em dois grandes grupos:

- Cargas "vivas";
- Cargas "mortas".

Esses dois grupos se subdividem, como é apresentado no Quadro 1:

Quadro 1: Ações nas fundações

Cargas Vivas	Operacionais	Ocupação por pessoas e móveis;
		Passagem de veículos e pessoas;
		Operação de equipamentos móveis (guindastes etc.);
		Armazenamento;
		Atracação de navios, pouso de helicópteros;
		Frenagem, aceleração de veículos (pontes).
	Ambientais	Vento;
		Ondas, correntes;
		Temperatura;
		Sismos.
	Acidentais	Solicitações especiais de construção e instalação;
		Colisão de veículos (navios, aviões etc.);
		Explosão, fogo.
	Cargas Mortas ou Permanentes	Peso próprio da estrutura e equipamentos. permanentes;
		Empuxo da água;
Empuxo da terra.		

Fonte: Adaptado de Velloso e Lopes (2011)

No Brasil, a norma que trata das ações e segurança nas estruturas é a NBR 8681 (ABNT, 2004), e classifica as ações nas estruturas em:

Ações permanentes: As que ocorrem com valores constantes ou de pequena variação em torno de sua média, durante praticamente toda a vida da obra (peso próprio da construção e de equipamentos fixos, empuxos, esforços devidos a recalques de apoios);

Ações variáveis: As que ocorrem com valores que apresentam variações significativas em torno de sua média, durante a vida da obra (ações variáveis devidas ao uso da obra e ações ambientais, como vento, ondas, correnteza etc.);

Ações excepcionais: São as que têm duração extremamente curta e muito baixa probabilidade de ocorrência durante a vida da construção, mas que devem ser consideradas nos projetos de determinadas estruturas (explosões, colisões, incêndios, enchentes, sismos etc.).

Ainda os autores citam que a norma NBR 8681 (ABNT, 2004) estabelece critérios para combinações dessas ações na verificação dos estados limites de uma estrutura (assim chamados os estados a partir dos quais a estrutura apresenta desempenho inadequado às finalidades da obra):

- Estados limites últimos (ELU): associados a colapsos parciais ou a colapso total da obra;
- Estados limites de utilização ou de serviço (ELS): quando ocorrem deformações, fissuras etc. que comprometem o uso da obra.

O projetista de fundações deve avaliar cuidadosamente, ainda, as ações decorrentes do terreno (empuxos de terra) e da água superficial e subterrânea (empuxos hidrostático e hidrodinâmico), bem como ações excepcionais da fase de execução da fundação e infraestruturas (escoramentos provisórios por estroncas ou tirantes, operação de equipamentos pesados etc.) (VELLOSO e LOPES, 2011, p. 15).

3.7 ESCOLHA DA FUNDAÇÃO SUPERFICIAL

Segundo Hachich, *et al.* (1998), as sapatas e os blocos são os elementos de fundação mais simples e, quando é possível sua adoção, os mais econômicos. Os blocos são mais econômicos que as sapatas para cargas reduzidas, porém, não há qualquer restrição ao seu emprego para cargas elevadas.

Uma fundação associada (viga, sapata associada ou radier) é adotada quando as áreas das sapatas imaginadas para os pilares se aproximam umas das outras ou mesmo se incorporam (em consequência de cargas elevadas nos pilares e/ou de tensões de trabalho baixas). Também é comum usar a fundação associada quando se deseja uniformizar os recalques.

Ainda Hachich, *et al.* (1998) conclui, quando a fundação associada satisfaz parte da obra, pode-se adotar a fundação isolada no restante da obra. Quando a fundação associada satisfaz toda a área da obra pode-se adotar o radier, ou ainda, quando a área total da fundação ultrapassa metade da área da construção, o radier é indicado.

3.8 PARÂMETROS DE DEFORMIDADE

Os solos são materiais cuja massa não é contínua e sim formada por partículas, portanto, são heterogêneos e não isotrópicos, e com módulo de deformabilidade podendo crescer com a profundidade. Com isso, é necessário muito discernimento para estimar a grandeza do recalque por meio das fórmulas desenvolvidas em fundação da Teoria da Elasticidade (TEIXEIRA e GODOY, 1998, p. 251).

Ainda Teixeira e Godoy (1998), descrevem que nas estimativas razoáveis dos recalques imediatos deverão ser empregadas os módulos de deformidade determinados por ensaios (de campo ou de laboratório) do tipo não drenado. No entanto, para a estimativa dos recalques totais os módulos deverão ser determinados por ensaios drenados. O critério empregado na escolha do módulo é, portanto, fundamental na obtenção de resultados realísticos.

3.9 SEGURANÇA

“A tensão admissível será sempre fixada levando em conta, dois critérios que norteiam um projeto de fundação, o de segurança à ruptura e o de recalques admissíveis” (TEIXEIRA e GODOY, 1998, p. 234).

Segundo Teixeira e Godoy (1998), o critério de segurança à ruptura visa proteger a fundação de uma ruptura catastrófica, sendo normalmente satisfeito mediante a aplicação de um coeficiente de segurança adequado à tensão que causa a ruptura do solo. Segundo os autores, o critério de recalques admissíveis implicará a adoção de uma tensão tal, que conduza a fundação a recalques que a superestrutura possa suportar. É o critério que governa a maioria dos problemas práticos, sendo também, o mais difícil de ser avaliado, em virtude da dificuldade na estimativa dos recalques a que será sujeita a fundação projetada.

3.10 RECALQUES

Para Rebello (2008), recalque é a deformação que ocorre no solo quando submetido a cargas. Essa deformação provoca movimentação na fundação que, dependendo da intensidade, pode resultar em sérios danos à superestrutura. Essa deformação do solo pode ser dividida em três categorias:

Deformação Elástica: O recalque elástico ocorre imediatamente após a aplicação da carga e são maiores em solos não coesivos, ou seja, em solos não argilosos;

Deformação por Escoamento Lateral: Essa deformação acontece com maior predominância em solos não coesivos, trata-se da migração de solo de regiões mais solicitadas para as menos solicitadas;

Deformação por Adensamento: Deformação por adensamento ocorre pela diminuição no volume aparente do maciço de solo causada pelo fechamento dos vazios deixados pela água intersticial expulsa pela pressão, que as cargas exercem sobre a fundação. A deformação por adensamento é a mais importante e a que causa os problemas mais comuns de recalques nas fundações.

Segundo Teixeira e Godoy (1998), quando se aplicam tensões no concreto ocorrem deformações cisalhantes ou de distorção que causam deslocamentos verticais da fundação. Se as tensões cisalhantes induzidas são pequenas quando comparadas com a resistência ao cisalhamento do solo, as tensões cisalhantes serão aproximadamente proporcionais às deformações cisalhantes ocorrendo, então, deformações com mudança de forma sem diminuição de volume do solo. Esse recalque ocorre quase que simultaneamente com a aplicação da carga, e é denominado de recalque imediato, ou inicial, ou elástico, uma vez que a sua grandeza é estimada com base na Teoria da Elasticidade.

Outra parcela de recalque decorre de deformações volumétricas ou por adensamento, com diminuição do índice de vazios do solo, e é denominado de recalque primário. No caso das argilas saturadas esse adensamento decorre da dissipação gradual das sobrepressões neutras induzidas pelo carregamento da fundação (TEIXEIRA E GODOY, 1998, P. 248).

Ainda Teixeira e Godoy (1998), afirmam que na estimativa dos recalques imediatos devem ser levados em consideração os seguintes fatores: rigidez, forma e profundidade de apoio de sapata, e a espessura da camada deformável. A consideração de semi-espaço infinito deformável, que não ocorre na prática, leva a estimativas exageradas do recalque.

3.10.1 Previsão de Recalques

Para Velloso e Lopes (2011), os métodos de previsão de recalque decidem-se em três grandes categorias:

Categoria 1 - Métodos racionais: Os parâmetros de deformidade são obtidos em laboratório ou *in situ* (ensaio pressiométrico e de placa), são combinados a modelos para previsão de recalques teoricamente exatos. O procedimento para cálculo dos métodos racionais pode ser separado em dois grupos:

Cálculo direto: O recalque é fornecido diretamente pela solução empregada (Teoria da Elasticidade ou Métodos Numéricos);

Cálculo indireto ou por camadas: O recalque é fornecido diretamente pela solução empregada ou ações específicas, posteriormente integradas (Propriedades dos Materiais e Proximidade da Carga).

Categoria 2 - Métodos semiempíricos: Os parâmetros de deformidade são obtidos por correlação com ensaios *in situ* de penetração (estática CPT, ou dinâmica SPT) – são combinados a modelos para previsão de recalques teoricamente exatos ou adaptações deles. A expressão “semiempírico”, associada aos métodos de cálculo de recalque, deve-se à introdução de correlações para a definição de propriedades de deformação dos solos.

As correlações permitem a estimativa de propriedades de deformação, por meio de ensaios que visam observar o comportamento tensão-deformação dos solos (no laboratório: ensaios triaxiais, oedométrico etc.; no campo: ensaios de placa e pressiométricos PMT). Outros ensaios seriam os de penetração estática ou de cone (CPT) e dinâmica (SPT) (VELLOSO e LOPES, 2011, p. 102-103).

Categoria 3 - Métodos empíricos: São os métodos pelos quais se chega a uma previsão de recalque ou de tensão admissível com base na descrição do terreno (classificação e determinação da compacidade ou consistência por meio de investigações de campo e laboratório).

Esses métodos apresentam-se normalmente sob a forma de tabelas de tensões admissíveis ou tensões básicas. Embora essas tabelas indiquem tensões e não recalques deve-se considerar que as tensões ali indicadas estão associadas a recalques usualmente aceitos em estruturas convencionais, conforme quadro 2.

Quadro 2 - Tensões Básicas NBR 6122:2010

PRESSÕES BÁSICAS DA NORMA NBR 6122/96		
Classe	Descrição	σ_o (Mpa)
1	Rocha sã, maciça, sem laminações ou sinal de decomposição	3,0
2	Rochas laminadas, com pequenas fissuras, estratificadas	1,5
3	Rochas alteradas ou em decomposição	*
4	Solos granulares concrecionados. Conglomerados	1,0
5	Solos pedregulhos compactados e muito compactos	0,6
6	Solos pedregulhos fofos	0,3
7	Areias muito compactas	0,5
8	Areias compactadas	0,4
9	Areais medianamente compactas	0,2
10	Argilas duras	0,3
11	Argilas rijas	0,2
12	Argilas médias	0,1
13	Siltes duros (muito compactos)	0,3
14	Siltes rijos (compactos)	0,2
15	Siltes médios (medianamente compactos)	0,1
* Para rochas alteradas ou em decomposição, têm que ser levado em conta à natureza da rocha matriz e o grau de decomposição ou alteração.		

Fonte: Adaptado de Velloso e Lopes (2011).

3.10.2 Recalques admissíveis

Para Velloso e Lopes (2011, p. 29):

As deformações admissíveis dependem da utilização da construção: fissuras aceitas em um prédio industrial não são aceitas em um hospital ou escola, por exemplo. A função da estrutura, também, frequentemente determina a magnitude das deformações admissíveis: máquinas de precisão, elevadores e pontes rolantes exigem, para o seu bom funcionamento, que as deformações sejam bastante limitadas.

Segundo Teixeira e Godoy (1998), na maioria dos problemas práticos, o projeto de fundação é liderado por condições de recalques. Dada a complexibilidade do problema, envolvendo não somente as características do subsolo, como também o tipo e o porte da

estrutura e os materiais empregados, esses recalques têm sido estabelecidos de maneira empírica, sendo baseados em casos de obra em que os recalques da fundação foram observados.

De acordo com Teixeira e Godoy (1998), os danos causados por movimentos de fundações podem ser agrupados em três categorias principais:

Categoria 1 - Danos Arquitetônicos: É a aparência visual da construção. São aqueles visíveis ao observador comum, causando algum tipo de desconforto (trincas em paredes, recalques de pisos, desaprumo de edifícios, desaprumo de muros de arrimo etc.).

Categoria 2 - Danos Funcionais: Danos causados a funcionalidade ou ao uso da construção. O desaprumo de um edifício pode causar problemas de desgaste excessivo de elevadores, inverter declividades de pisos e tubulações. Recalques totais excessivos podem inverter declividade, ou mesmo romper tubulações, prejudicar o acesso etc. Recalques diferenciais podem causar o emperramento de portas e janelas, causar trincas por onde pode passar umidade etc. Recalques de pisos industriais podem prejudicar a operação de máquinas, empilhadeiras, estocagem de materiais etc.

Categoria 3 - Danos Estruturais: São aqueles causados à estrutura propriamente dita, podendo comprometer sua estabilidade.

Hachich, *et al.* (1998), descrevem outras causas comuns de recalques:

Causa 1 - Rebaixamento do Lençol Freático: Essa causa pode ser temporária ou permanente, e é muito frequente na prática promover-se o rebaixamento do lençol freático para execução da infraestrutura de um edifício. Caso haja a presença da camada de solo compressível no subsolo, ocorre um aumento das pressões geostáticas nessa camada, independentemente da aplicação de carregamentos externos.

Como a linha freática do lençol rebaixado se estende para as áreas vizinhas, estas ficarão sujeitas a recalques e, se nessas áreas existem edificações, elas sofrerão consequências. Caso essas edificações estejam em fundações rasas ou, se apoiadas em estacas ocorrerá recalques, ter-se-á um aumento de cargas nas mesmas devido às tensões de atrito lateral negativo. De qualquer modo os pisos térreos das edificações, tanto externos quanto internos, poderão acompanhar aqueles recalques.

Causa 2 - Solos Colapsíveis: Existem solos caracterizados por sua elevada porosidade que podem ser formados tanto por areias como por argilas. Esses solos situados acima do lençol freático têm suas partículas cimentadas entre si por materiais ligantes (por exemplo, calcário) ou mesmo por argila coloidal e são conhecidos como solos colapsíveis. Quando esses solos entram em contato com água, seja por penetração pela superfície seja por elevação do lençol freático, ocorre a destruição dessa cimentação intergranular, resultando um colapso súbito da

estrutura desse solo. Esse colapso causa recalques, mesmo sem haver aumento de pressões por carregamento externo.

Causa 3 - Escavações em Áreas Adjacentes à Fundação: É comum a execução de escavações para a construção de subsolos junto a edificações existentes. Essas escavações, mesmo com paredes escoradas, causam movimentos do maciço arrimado, podendo ocorrer, como consequência, recalques nas edificações apoiadas nesse maciço.

Causa 4 - Vibrações: Vibrações oriundas da operação de equipamentos (bate-estacas, rolos compactadores vibratórios etc.), de desmonte de rocha não controlado, e mesmo do tráfego viário, podem causar recalques de fundações com consequentes danos das edificações.

3.11 RISCOS EM FUNDAÇÕES

“ Em toda obra de Engenharia, há certo risco, ou seja, probabilidade de um insucesso. Nas obras de terra e fundações, em decorrência da natureza do material, esse risco é sensivelmente maior que nas demais especialidades da engenharia civil “ (VELLOSO e LOPES, 2011, p. 6-7).

3.11.1 Riscos Desconhecidos

Para Velloso e Lopes (2011), riscos desconhecidos são aqueles que se revelam em um acidente, através do qual podem, então, ser observados e investigados. Os conhecimentos atuais de Geotecnia permitem que se tenha, pelo menos, uma estimativa qualitativa da resposta de todos os solos e rochas quando submetidos às atividades convencionais das obras de Engenharia. Em outras palavras: é muito pouco provável encontrarem-se riscos desconhecidos.

3.11.2 Riscos Calculados

Ainda Velloso e Lopes (2011), descrevem os fenômenos para os quais a Geotecnia ainda não apresentou uma análise quantitativa satisfatória.

- Deslizamentos por liquefação em solos granulares;
- Deslizamentos por liquefação em argilas extremamente sensíveis;
- Características tensão - deformação - resistência em materiais granulares grossos, incluindo enrocamentos, sob elevadas pressões confinantes;
- Características tensão – deformação - resistência, em longo prazo, de argilas não

drenadas;

- Características de estabilidade de argilas rijas e argilas siltosas muito plásticas;
- Controle de fissuras transversais e longitudinais no núcleo de barragens de enrocamento de grande altura;
- Efeitos de terremotos em barragens de terra ou enrocamento de grande altura.

3.12 RADIER

Por se tratar de uma fundação pouco empregada em nossa região, o item 3.12 será dedicado ao radier. Onde será demonstrado pesquisas de vários autores, para assim, haver um melhor aprofundamento do assunto.

3.12.1 Classificação da Geometria

Velloso e Lopes (2011), destacam que a fundação superficial radier é uma estrutura que pode ser executada em concreto armado ou concreto protendido, e possui como característica receber as cargas através dos pilares, de alvenarias da edificação, de depósitos ou silos, de cargas distribuídas de tanques, sendo essa distribuição é feita uniformemente ao solo.

Segundo Yopanan (2008) o radier é uma fundação direta que engloba todas as cargas que chegam à fundação sob uma única placa de concreto. Ao contrário da fundação em sapata recomendada, para solos apoio com SPT maior ou igual a 8 o radier pode ser indicado a solos com SPT maior ou igual a 4.

Para Dória (2007), os radiers são projetados segundo quatro tipos principais, classificados em relação à forma ou sistema estrutural.

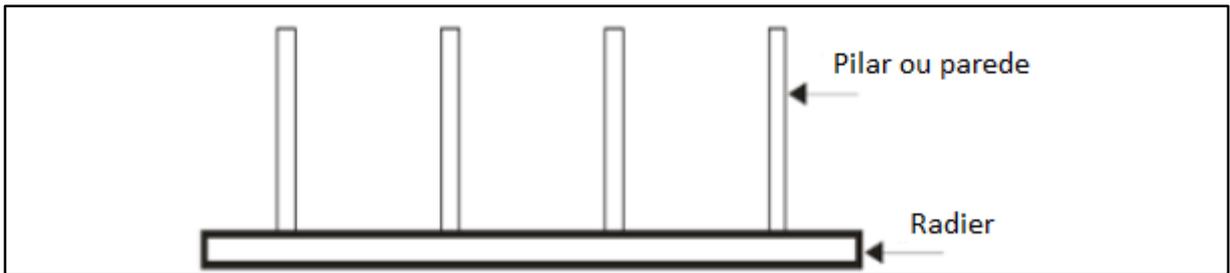
Radiers lisos;

Radiers com pedestais ou cogumelos;

Radiers nervurados;

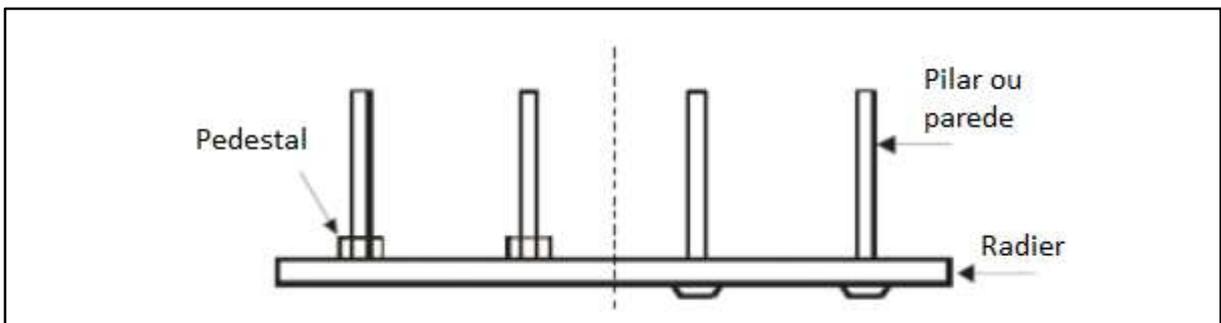
Radiers em caixão.

Na figura 1 está representado o radier liso. O radier liso tem como característica e principal vantagem sua facilidade de execução.

Figura 1 - Radier Liso

Fonte: Dória (2007).

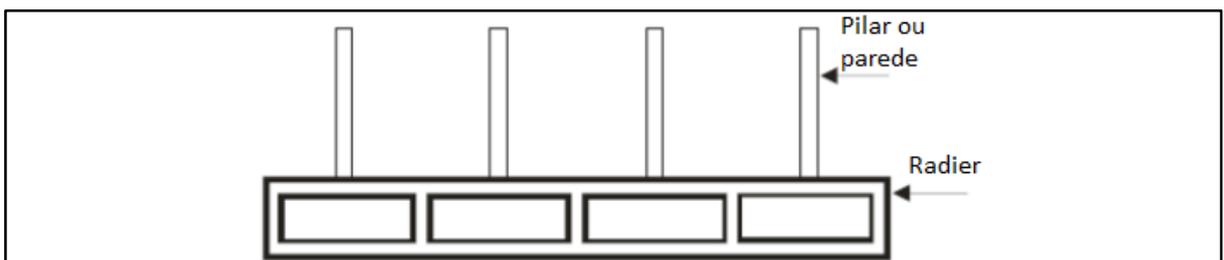
Na figura 2, observamos um exemplo de radier com pedestais inferiores, mas pode ser executado com pedestais superiores dependendo da situação.

Figura 2 - Radier com Pedestais ou Cogumelos

Fonte: Dória (2007).

Para Dória (2007), Rádiers com pedestais ou cogumelos (Figura 2), aumentam a espessura sob os pilares e melhora a resistência a flexão e ao esforço cortante. Os pedestais podem ser inferiores ou superiores, a vantagem de os pedestais serem inferiores é o fato de ser executado na escavação e deixar a superfície do piso plana.

A figura 3, apresenta um exemplo de radier com nervuras executadas em sua parte inferior.

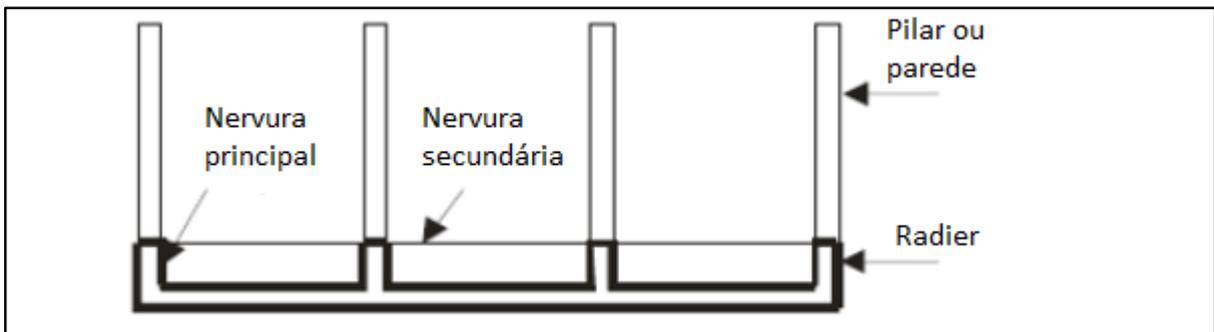
Figura 3 - Radier Nervurado

Fonte: Dória (2007).

Dória (2007), afirma que Radiers nervurados executam-se com nervuras principais e nervuras secundárias colocadas sob os pilares, podendo ser inferiores ou superiores. No caso de nervuras inferiores executa-se sobre a escavação, o que não acontece no caso das nervuras superiores, sendo necessária a colocação de agregado para deixar a superfície do piso plana.

Também há o radier em caixão (figura 4), esse exemplo mostra o radier em caixão com nervuras inferiores.

Figura 4 - Radier em Caixão



Fonte: Dória (2007).

Dória (2007), cita que Radiers em caixão utilizam-se com a finalidade de ter uma grande rigidez e pode ser executado com vários pisos.

Os tipos de radier citados neste item, estão listados em ordem crescente da rigidez relativa. Há ainda os radiers em abóbadas invertidas, porém pouco comuns no Brasil.

3.12.2 Classificação da Rigidez à Flexão

Segundo o American Concrete Institute – ACI (1997), para o radier ser considerado rígido deve atender à duas condições, quando não for atendido uma ou as duas condições ele é considerado elástico.

Primeira condição: Deverá ser aplicado a equação (1) a seguir, onde o espaçamento entre colunas (l), deve ser menor ou igual ao resultado da equação.

$$l \leq \frac{1,75}{\sqrt[4]{\frac{kv \cdot b}{4 \cdot EI}}} \quad (1)$$

Onde:

b - Largura da faixa de influência da linha de colunas;

k_v - coeficiente de reação vertical do solo;

EI - Rigidez à flexão da faixa.

Segunda condição: Deverá ser analisado as variações das cargas e espaçamentos do radier. Se esta variação não for mais que 20% poderá ser considerado rígido. Do contrário, considera-se um radier elástico.

3.12.3 Radier em Concreto Armado

Para Dória (2007), a especificação da resistência à compressão do concreto tem influência direta na determinação da espessura do radier e nas propriedades das superfícies acabadas. Se tratando da deformação de retração, na deformação lenta e nas deformações que ocorrem mediante variações na temperatura, quem mais tem influência é a resistência à compressão. A determinação e a especificação dessas resistências são fundamentais para o desempenho estrutural do radier em concreto armado. A resistência à abrasão, ou desgaste do concreto do radier, está diretamente relacionada com a resistência à compressão do concreto.

As Pesquisas da Portland Cement Association (1983), mostram que a resistência à abrasão aumenta com a redução da quantidade de água ou com o aumento na quantidade de cimento, ou ambos, tanto um como outro também aumentam a resistência à compressão do concreto. Nesse caso, o material mais importante se torna a argamassa; a solidez e a dureza do agregado graúdo começam a ter importância somente após o desgaste da superfície da argamassa.

Dória (2007), afirma que durante a execução do radier, a concretagem e o acabamento superficial têm o mesmo grau de importância quanto a resistência do material. Essas operações produzem um efeito significativo sobre a qualidade da camada fina (de 1,5 mm a 3,0 mm) na superfície superior do radier, evitando principalmente o aparecimento de fissuras.

“ Na fabricação do concreto deve-se ter cuidado com os seguintes fatores: resistência à compressão, quantidade mínima de cimento, tamanho máximo do agregado graúdo, sumo e uma pequena quantidade de ar incorporado” (DÓRIA, 2007, p. 9).

Na figura 5 observa-se uma fissura paralela à junta de contração onde sua provável causa pode ter originado da combinação de calor de hidratação e da concretagem em dias quentes.

Ainda Dória (2007), afirma que na primeira noite após a concretagem, caso não tiverem sido instaladas juntas de contração, a retração devido à diminuição da temperatura pode fissurar o concreto. As juntas de contração devem ser instaladas no mesmo dia da concretagem.

Figura 5 - Fissura paralela à junta de contração



Fonte: Dória (2007 *apud* Almeida, 2001).

Fissuras em radier, executados em concreto armado podem aparecer em virtude do movimento do solo, do comportamento térmico do concreto ou do comportamento de retração do concreto. Fissuras devidas aos carregamentos não deveriam existir no caso das lajes sem armadura, pois as mesmas são dimensionadas com tensões de tração inferiores a resistência à tração do concreto na flexão (módulo de ruptura) (Dória, 2007, p. 9).

Para Dória (2007), fissuras superficiais concentradas (figura 6), são essencialmente um problema estético, mas surgem por evaporação muito rápida da água. Podem ser evitadas com métodos de acabamento adequados.

Figura 6 - Fissuras superficiais concentradas



Fonte: Dória (2007 *apud* Almeida, 2001).

A figura 7, apresenta um exemplo de fissura de retração por evaporação.

Figura 7 - Fissuras de retração por evaporação



Fonte: Dória (2007 *apud* Almeida, 2001).

Esse fenômeno, segundo Dória (2007), ocorre após o concreto estar endurecido e atravessa toda a espessura da laje. Geralmente, pelo menos uma das pontas está localizada numa junta de contração. Quando a fissura se origina de outra, a ramificação tende a formar um ângulo reto.

3.12.4 Modelos de Cálculo

Dória (2007), enfatiza que os métodos de cálculo de radier abrangem os procedimentos de avaliação da estabilidade, capacidade de suporte, distribuição de tensões e/ou esforços internos solicitantes, os quais são os parâmetros necessários para a avaliação dos estados limites últimos (ELU) e de serviço (ELS). Essencialmente, busca-se a solução da equação diferencial de equilíbrio de uma placa sobre base elástica.

3.12.5 Estabilidade e Capacidade de Porte do Radier

O radier precisa combater o recalque excessivo, que pode ser de longo tempo (consolidação) ou ocorrência rápida (elástica ou imediata).

Segundo Montoya (1987), no projeto de um radier deve-se procurar que a resultante das ações transmitidas pela estrutura passe o mais perto possível do centro de

gravidade do radier com a finalidade de conseguir uma distribuição de tensões no solo o mais uniforme possível e evitar recalques diferenciais, gerando a inclinação da edificação. Para qualquer hipótese de carga recomenda-se que, a resultante esteja dentro da zona de segurança do radier. Caso essa condição não seja atendida, necessita-se de um estudo da distribuição de tensões sob o radier, avaliando com todo rigor os recalques e determinando as inclinações que podem ocorrer na edificação. O recalque máximo de um radier não deve passar de 5 cm se o radier estiver apoiado sobre solo sem coesão (arenoso), nem de 7,5 cm se apoiado sobre solo coesivo (argiloso).

3.12.6 Métodos para Cálculo do Radier

Segundo Veloso e Lopes (2004) os métodos para o cálculo do elemento de fundação tipo radier são os seguintes:

Método Estático;

Sistema de vigas sobre base elástica;

Método de placa sobre solo de Winkler;

Método do American Concrete Institute (AIC);

Método das diferenças finitas;

Método dos elementos finitos.

Destes métodos vale destacar o método de placa sobre o solo de Winkler, pois a partir deste, foram desenvolvidos o método do AIC e o método de viga sobre base elástica.

3.12.6.1 Método Estático

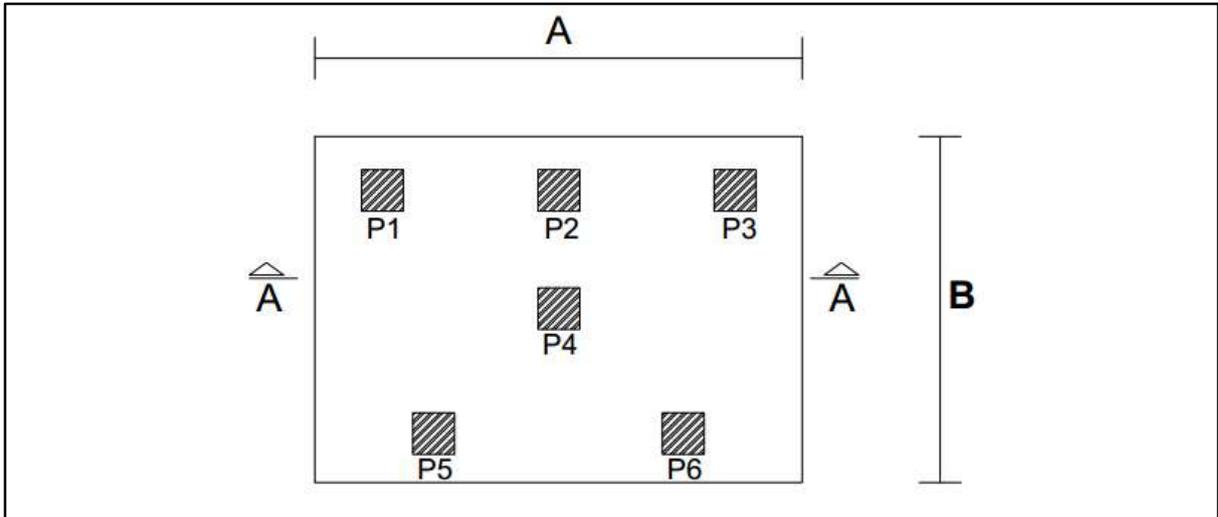
Para Dória (2007), este método é indicado apenas para o cálculo dos esforços internos na fundação e para seu dimensionamento, pois só leva em conta o equilíbrio da reação do terreno e das cargas atuantes. Com isso, não é possível fazer-se uma avaliação da distribuição de recalques.

Admite-se que a distribuição da pressão de contato varia linearmente sob o radier (radiers rígidos), denominado cálculo com variação linear de pressões, ou que as pressões são uniformes nas áreas de influência dos pilares (radiers flexíveis), conhecido como cálculo pela área de influência dos pilares (DÓRIA, 2007, p. 35).

Segundo Yopanan (2008) o dimensionamento deve se iniciar com a determinação da dimensão da placa, que pode ser feita assim, como para sapata através da tensão admissível do

solo que deve ser maior ou igual à tensão proveniente das cargas da edificação. A figura 8 detalha um exemplo típico de radier, neste caso temos apenas 6 piles.

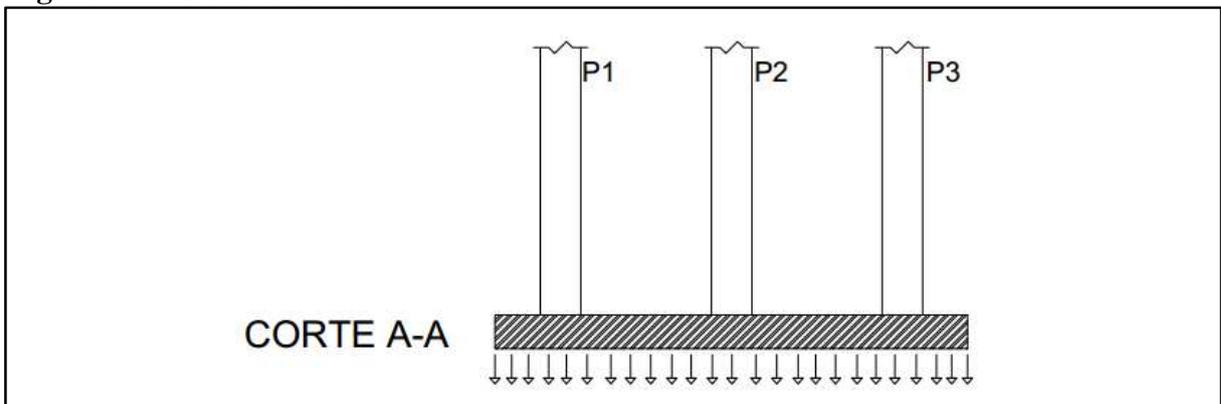
Figura 8 - Exemplo de Radier



Fonte: Adaptado de Yopanan (2008).

A figura 9 mostra o corte A-A, destacando a influência da tensão admissível do solo.

Figura 9 - Vista lateral corte A-A



Fonte: Adaptado de Yopanan (2008).

Segundo Yopanan (2008), para o dimensionamento do radier utiliza-se a seguinte equação:

$$Ar = \frac{\sum P}{\delta_s} \quad (2)$$

Onde:

A_r – Área do Radier;

δs – Tensão admissível do solo;

$\sum P$ – Soma de todas as cargas sobre o radier.

Yopanan (2008) cita que, para o cálculo dos esforços, o radier é visto como uma laje de piso convencional invertida, sendo a reação do solo uma carga distribuída sobre a laje, e os apoios do modelo as paredes e/ou pilares da edificação. Para que as tensões sejam uniformes, deve-se induzir que o centro de gravidade (CG), das cargas coincida como o CG do radier.

Yopanan (2008) indica várias soluções que podem ser utilizados para este modelo tais como:

- Laje, viga e pilar;
- Laje nervura, viga e pilar;
- Laje em grelha com viga periférica apoiada diretamente no pilar;
- Laje em grelha sem viga periférica apoiada diretamente no pilar;
- Laje cogumelo;
- Laje maciça apoiada diretamente nos pilares.

Cálculo com variação linear de pressões – neste cálculo, as pressões de contato são determinadas a partir da resultante do carregamento. Este método é utilizado para cálculo de radiers nervurados e em caixão, que apresentam grande rigidez relativa.

As faixas são calculadas como vigas de fundação independentes.

Cálculo pela área de influência dos pilares – aplicado em radiers de rigidez relativa média. Este método segue o seguinte procedimento:

1. determinar a área de influência de cada pilar (A_f);
2. calcular a pressão média nesta área, pela equação (3) a seguir;

$$q_i = \frac{Q_i}{A_f} \quad (3)$$

3. determinar uma pressão média atuando nos painéis;
4. calcular os esforços nas lajes e vigas e as reações nos apoios, se estas reações forem muito diferentes das cargas nos pilares, deve-se redefinir as pressões médias nos painéis.

3.12.6.2 Método de vigas sobre base elástica

Para Dória (2007), no cálculo desse sistema, separa-se o radier em dois sistemas de faixas ortogonais, de acordo com a geometria do radier e a distribuição dos pilares, onde cada faixa é tratada como uma viga de fundação isolada sobre base elástica, utilizando a hipótese de Winkler. Em cada direção de estudo, deve-se tomar a totalidade da carga nos pilares.

Segundo Ribeiro (2010), esse método é o mais simples e de fácil análise, pois o comportamento de placa é assimilado pela substituição da mesma por várias vigas independentes em um sentido, apoiadas em um meio elástico linear (molas). Para o autor essas vigas possuem as mesmas propriedades de material e as propriedades da seção transversal são tomadas como a área da faixa compreendida pela mesma. Primeiramente são analisadas as solicitações em um sentido e depois no outro.

De acordo com Velloso e Lopes (2011), esse modelo não é muito preciso pelo fato de não considerar a interação da rigidez entre as faixas (como ocorre na realidade). O Método da Grelha sobre Base Elástica se comporta melhor, pelo fato de apresentar rigidez ao momento torsor.

3.12.6.3 Método de Winkler

O método de Winkler consiste em que as pressões transmitidas ao solo são proporcionais ao recalque, como na formulação apresentada anteriormente para o coeficiente de reação do solo.

Segundo Velloso e Lopes (2011), a equação diferencial dos deslocamentos de uma placa delgada assente sobre um sistema de molas (Hipótese de Winkler), considerando uma região distante dos carregamentos é dada pela equação (4):

$$D \cdot \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{2 \cdot \partial^4 w}{\partial x^2 \cdot \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) + kv \cdot w = 0 \quad (4)$$

Onde:

D – rigidez a flexão da placa;

kv – coeficiente de reação vertical do solo;

w – deslocamento do ponto em questão.

O parâmetro D é a rigidez à flexão da placa, e é calculada pela equação (5):

$$D = \frac{E \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \quad (5)$$

Onde:

D – rigidez a flexão da placa;

t - espessura da placa;

E - módulo de Young do material;

ν - coeficiente de Poisson do material da placa.

3.12.7 Uso de Tabelas

É possível obter os valores da constante elástica na literatura. A tabela 1 apresenta os valores sugeridos por Terzaghi (1955) para a constante elástica de solos argilosos e arenosos. Os valores de k_v (constante elástica do solo corrigido) em uma placa quadrada de 1 pé (ks_1) são os seguintes:

Tabela 1 - Módulo de reação do solo ks_1 em kgf/m^3

Argilas	Rija	Muito rija	Dura
Qu (kgf/cm^2)	1,0 - 2,0	2,0 - 4,0	> 4
Faixa de Valores	1,6 - 3,2	3,2 - 6,4	> 6,4
Valor Proposto	2,4	4,8	9,6
Areias	Fofa	Méd. Compacta	Compacta
Faixa de Valores	0,6 - 1,9	1,9 - 9,6	9,6 - 32,0
Areia acima N.A.	1,3	4,2	16,00
Areia Submersa	0,8	2,6	9,6

Fonte: Adaptado de Terzaghi (1955).

Estes valores apresentados na literatura e por ensaios de placa devem ser corrigidos de acordo com a forma e a dimensão da placa. Este coeficiente é uma resposta do solo a um carregamento aplicado por uma determinada estrutura e não uma propriedade apenas do solo.

Segundo o American Concrete Institute (1988), a transformação do k_{s1} obtido no ensaio de placa para o k_v , que é utilizado no cálculo da fundação pode ser feita com a equação 6:

$$k_v = k_{s1} \cdot \left(\frac{b}{B}\right)^n \quad (6)$$

Onde:

k_v – constante elástica do solo corrigido;

k_{s1} – constante elástica do solo;

b – espessura do radier;

B – menor comprimento do radier;

n – coeficiente que varia entre 0,5 e 0,7.

4 METODOLOGIA

Segundo Bruyne (1991), a metodologia é a lógica dos procedimentos científicos em sua gênese e em seu desenvolvimento, não se reduz, portanto, a uma “metrologia” ou tecnologia da medida dos fatos científicos.

Ao longo dos séculos a metodologia foi se aperfeiçoando, de acordo com Cervo (2002, p. 6):

[...] a partir do século XX, que se desenvolveram pesquisas em todas as frentes do mundo físico e humano, atingindo um grau de precisão surpreendente não só na área das navegações espaciais e de transplantes, como nos mais variados setores da realidade. Essa evolução das ciências tem, sem dúvida, como mola propulsora os métodos e instrumentos de investigação aliados ao espírito científico, perspicaz, rigoroso e objetivo.

Ainda Bruyne (1991), explica que a metodologia deve ajudar a explicar não apenas os produtos da investigação científica, mas principalmente seu próprio processo, pois suas exigências não são de submissão estrita a procedimentos rígidos, mas antes da fecundidade na produção dos resultados.

4.1 MÉTODOS DA PESQUISA

O método dedutivo para a elaboração desse trabalho foi o método indutivo, o qual parte de dados prévios e constatados, determinando uma verdade geral para o contexto.

Para Gil (2008), o método indutivo segue de acordo com o raciocínio indutivo, a realização se dá a partir da observação de casos concretos suficientemente confirmadores dessa realidade. Esse método foi constituído por empiristas, para os quais o conhecimento é fundamentado exclusivamente na experiência, sem levar em consideração princípios preestabelecidos.

Serviu para que os estudiosos da sociedade abandonassem a postura especulativa e se inclinassem a adotar a observação como procedimento indispensável para atingir o conhecimento científico. Graças a seus influxos é que foram definidas técnicas de coleta de dados e elaborados instrumentos capazes de mensurar os fenômenos sociais (GIL, 2008, p. 11)

4.2 NÍVEIS DA PESQUISA

A pesquisa descritiva será usada como base para dar ênfase aos dados coletados, identificando as variáveis do processo, e ao final, demonstrando de maneira prática e dedutiva as posteriores conclusões.

Nada impede que uma pesquisa descritiva assuma a forma de um estudo de caso (possibilidade mais comum das pesquisas exploratórias). Entretanto, as pesquisas descritivas geralmente assumem a forma de levantamentos. Quando o aprofundamento da pesquisa descritiva permite estabelecer relações de dependência entre variáveis, é possível generalizar resultados (SANTOS, 2010, p. 3).

4.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada será o estudo de caso, o qual será aplicado de maneira profunda na obtenção do objetivo geral do trabalho.

O estudo de caso é um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência (YIN, 2005, p. 32).

4.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Durante o acompanhamento da obra, procurou-se observar desde a fase de projeto, até a execução da obra. Com isso, foram analisadas as concepções dos projetos e as formas construtivas adotadas, as dúvidas originadas durante a execução da sapata isolada, puderam ser resolvidas com a ajuda do engenheiro responsável e o mestre de obra.

Para ajudar na coleta de dados foi desenvolvida uma memória digital através de fotografias e filmagens, e também foram descritos através de diários de obras, várias etapas e observações para facilitar no desenvolvimento deste estudo.

4.5 DEFINIÇÃO DA ÁREA OU POPULAÇÃO ALVO

Como população alvo do trabalho terão as empresas construtoras civis localizadas em Chapecó-SC.

“É um conjunto definido de elementos que possuem determinadas características. Comumente fala-se de população como referência ao total de habitantes de determinado lugar” (GIL, 2008, p. 89).

A Amostra delimitou-se a uma obra localizada no Bairro Seminário, executada pela HRS - Horus Construtora e Incorporadora LTDA. Onde será acompanhado a execução da fundação superficial por sapata isolada, com base nesse modelo será obtido conclusões e em seguida um comparativo entre outro tipo de fundação o radier para a mesma obra.

Segundo Gil (2008), a amostragem é o subconjunto do universo ou da população, por meio do qual se estabelecem ou se estimam as características desse universo ou população.

4.6 TÉCNICA DE ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

O foco da interpretação dos dados será a pesquisa quantitativa que buscará através de figuras, quadros, tabelas e texto ressaltar os resultados obtidos, para um melhor entendimento científico. Além disso, serão usados alguns critérios qualitativos que incluem observação, entendimento das eventuais situações, e posterior descrição das conclusões.

Em seu artigo Godoy (1995), resume as duas formas de interpretação:

Em linhas gerais, num estudo quantitativo o pesquisador conduz seu trabalho a partir de um plano estabelecido já anteriormente, com hipóteses claramente especificadas e variáveis operacionalmente definidas. Busca a precisão, evitando distorções na etapa de análise e interpretação dos dados, garantindo assim uma margem de segurança em relação às inferências obtidas. De maneira diversa, a pesquisa qualitativa não procura enumerar e/ ou medir os eventos estudados, nem emprega instrumental estatístico na análise dos dados.

5 RESULTADOS DO ESTUDO

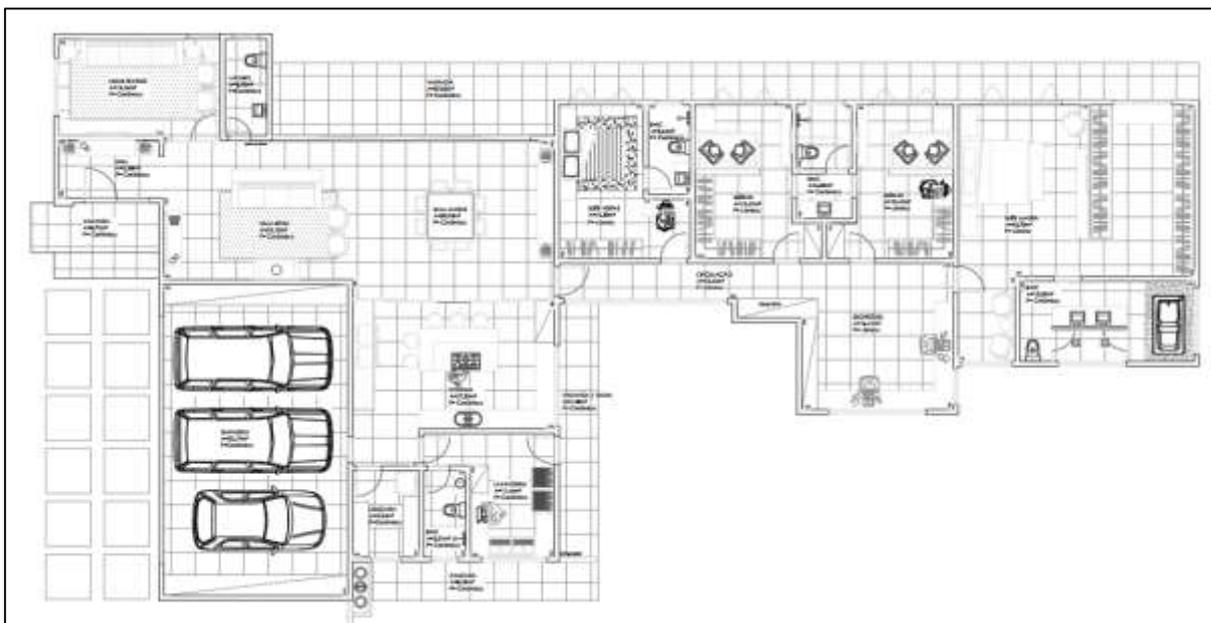
5.1 DIAGNÓSTICO DA ÁREA

O caso em estudo trata-se da fundação superficial de uma obra residencial unifamiliar localizado no Condomínio Residencial Terrasol, em um terreno de 634,00 m² de área, no Bairro Seminário em Chapecó, estado de Santa Catarina.

5.1.1 Projeto Original

A residência possui 143,63 m² de área construída, a seguir é possível observar a planta baixa da obra (Figura 10), para uma melhor visualização o Anexo A mostra de maneira mais detalhada a planta baixa da obra.

Figura 10 - Planta Baixa Projeto Original



Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Em seguida (Figura 11), está a perspectiva da Fachada Sul da obra em 3D.

Figura 11 - Vista Fachada Sul em 3D



Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

5.2 PROPOSTA DE MELHORIAS NA ÁREA

Nesta etapa será apresentado os resultados qualitativos entre os tipos de fundação superficial por sapata isolada e radier. Para a análise estrutural foi usado o software CAD-TQS.

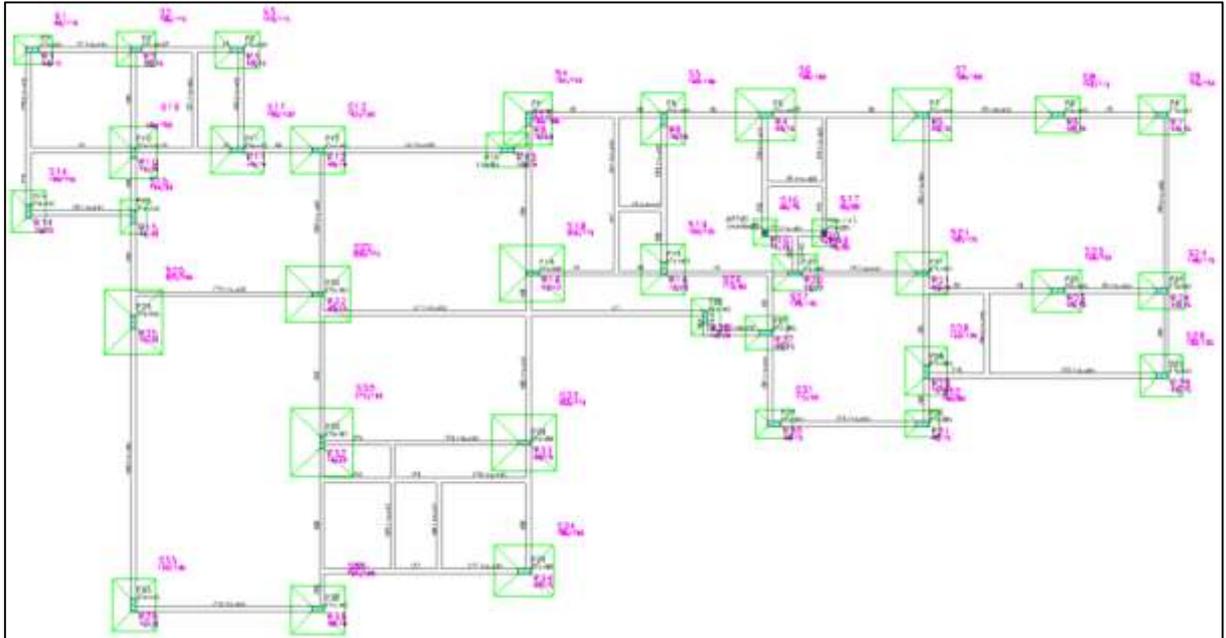
Diante da falta de informações precisas da fundação por sapata isolada originalmente executada na obra, para o comparativo será lançado no programa CAD-TQS essa fundação, e posteriormente a fundação por radier.

A resistência do concreto (F_{ck}) foi estabelecida de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), a qual estabelece o valor de 25 MPa para classe de agressividade II.

5.2.1 Sapata Isolada

Para uma melhor análise e melhor conclusão dos resultados finais, foi dimensionado a sapata isolada para a obra em questão. A figura 12 descreve o Piso 0 (fundação), demonstrando a distribuição das 36 sapatas calculadas, conforme projeto original.

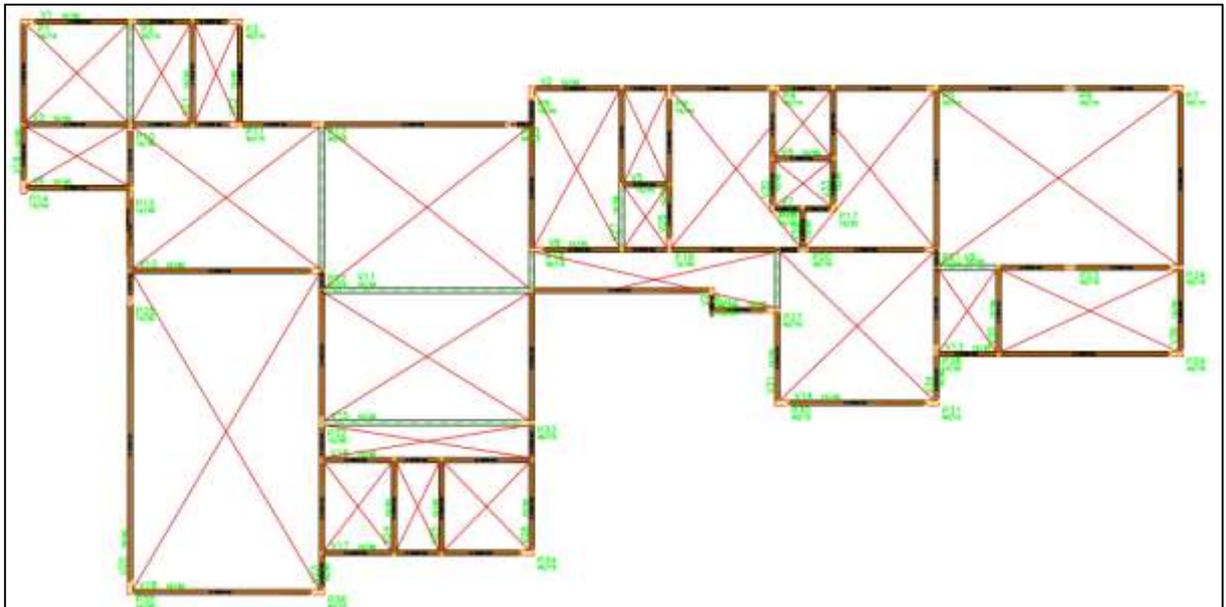
Figura 12 - Piso 0 Fundação



Fonte: Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

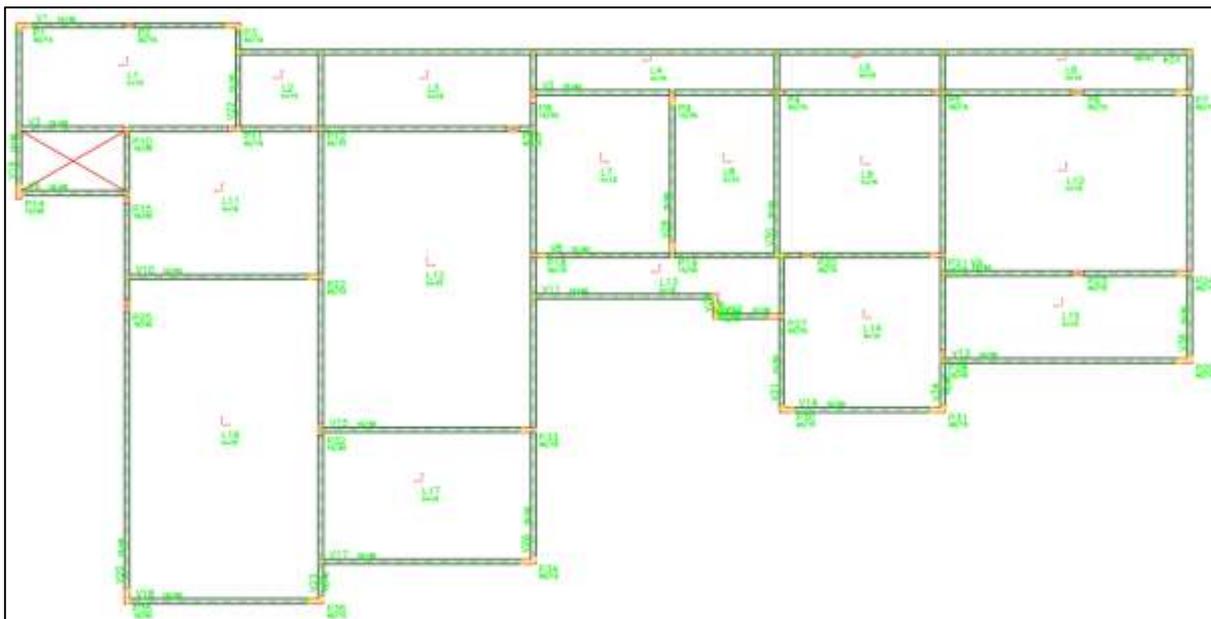
O lançamento das cargas das paredes foi estabelecido seguindo o projeto arquitetônico original, a figura 13 demonstra as lajes e as cargas de parede sobre a viga baldrame.

Figura 13 - Piso 1 Baldrame



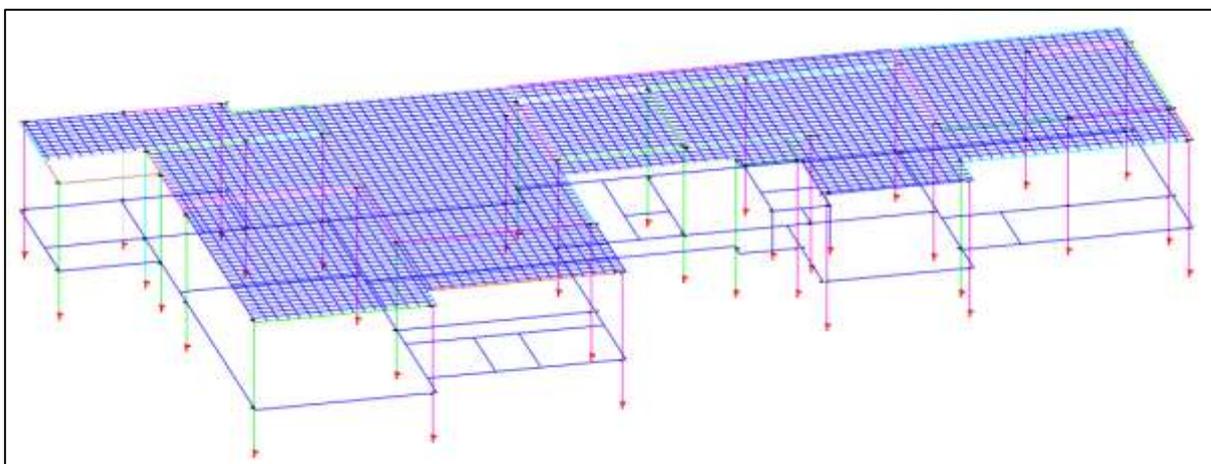
Fonte: Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

A figura 14 demonstra as direções das lajes conforme projeto original, nota-se que surgem outras 5 lajes na parte superior da figura, essas lajes estão em balanço conforme projeto arquitetônico.

Figura 14 - Piso 2 Cobertura

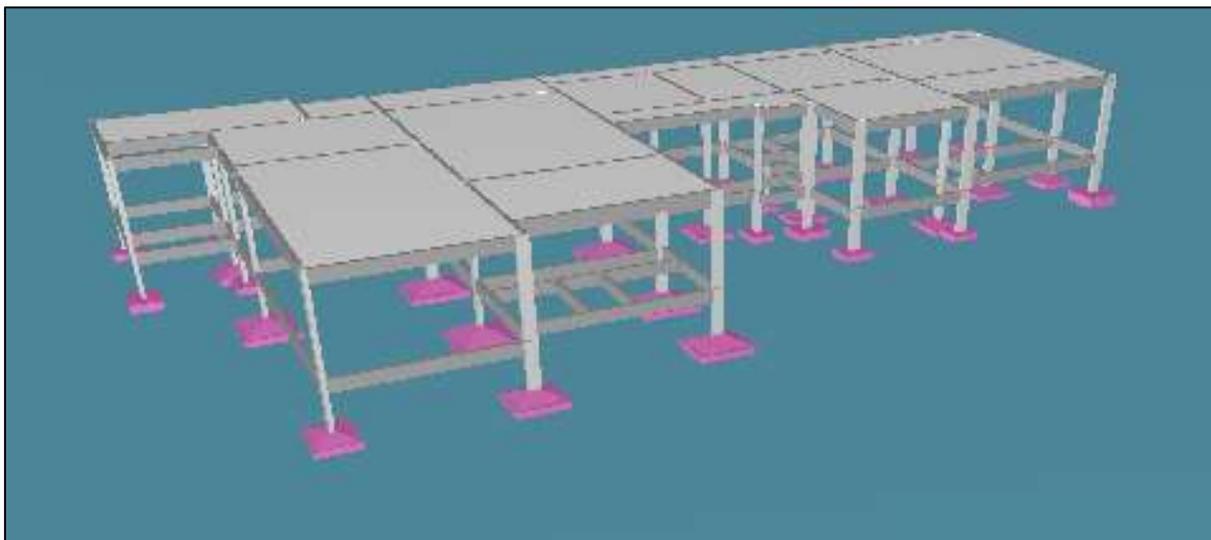
Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Depois de lançados os 3 pisos (fundação, baldrame e cobertura), o software nos dá os desenhos da estrutura. A figura 15 demonstra de forma simples e plana o baldrame e a cobertura da estrutura. Essa perspectiva auxilia na visualização e analisar cada ponto da estrutura.

Figura 15 - Pórtico da estrutura

Fonte: Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

O software CAD/TQS possibilita a visualização do pórtico em 3D, onde pode se ter uma ideia geral da edificação, podendo ser visualizada as sapatas, o baldrame e as lajes da cobertura.

Figura 16 - Pórtico da estrutura em 3D

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

É importante que tais perspectivas sejam analisadas profundamente, pois muitas vezes o software gera situações automáticas que podem estar desatualizadas ou até erradas. Isso apenas mostra a grande importância do Engenheiro na análise dos resultados.

Depois de lançado a estrutura, o software gera relatórios quantitativos de aço e concreto necessário para a fundação, detalhando especificamente as características para cada material.

Na tabela 2, temos o quantitativo de aço para as sapatas S1 até a sapata S18, para cada sapata é demonstrado a nomenclatura do aço, a posição da armadura, a espessura da bitola, o comprimento da bitola em centímetros e a quantidade necessária.

Tabela 2 - Quantitativo de aço para as sapatas S1 à S18

Sapatas	Aço	Posição	Bitola (mm)	Quantidade	Comprimento (cm)	
					Unitário	Total
S1	50A	1	10,0	10	118	1.180
	50A	2	10,0	7	147	1.029
S2	50A	1	10,0	8	147	1.176
	50A	2	10,0	10	128	1.280
S3	50A	1	10,0	9	162	1.458
	50A	2	10,0	11	133	1.463
S4	50A	1	10,0	12	183	2.196
	50A	2	10,0	14	172	2.408
S5	50A	1	10,0	10	182	1.820
	50A	2	10,0	13	153	1.989
S6	50A	1	10,0	14	207	2.898
	50A	2	10,0	17	178	3.026
S7	50A	1	10,0	14	207	2.898
	50A	2	10,0	17	178	3.026
S8	50A	1	10,0	9	162	1.458
	50A	2	10,0	11	133	1.463
S9	50A	1	10,0	9	167	1.503
	50A	2	10,0	12	138	1.656
S10	50A	1	10,0	12	187	2.244
	50A	2	10,0	14	168	2.352
S11	50A	1	10,0	12	187	2.244
	50A	2	10,0	14	168	2.352
S12	50A	1	10,0	12	187	2.244
	50A	2	10,0	14	168	2.352
S13	50A	1	10,0	9	172	1.548
	50A	2	10,0	12	143	1.716
S14	50A	1	10,0	9	172	1.548
	50A	2	10,0	14	143	2.002
S15	50A	1	10,0	7	137	959
	50A	2	10,0	9	108	972
S16	50A	1	10,0	7	102	714
	50A	2	10,0	7	98	686
S17	50A	1	10,0	7	117	819
	50A	2	10,0	8	108	864
S18	50A	1	12,5	11	222	2.442
	50A	2	12,5	13	193	2.509

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Na tabela 3, temos o quantitativo de aço para as sapatas S19 até a sapata S36, para cada sapata é demonstrado a nomenclatura do aço, a posição da armadura, a espessura da bitola, o comprimento da bitola em centímetros e a quantidade necessária.

Tabela 3 - Quantitativo de aço para as sapatas S19 à S36

Sapatas	Aço	Posição	Bitola (mm)	Quantidade	Comprimento (cm)	
					Unitário	Total
S19	50A	1	10,0	10	182	1.820
	50A	2	10,0	13	153	1.989
S20	50A	1	10,0	9	162	1.458
	50A	2	10,0	11	133	1.463
S21	50A	1	10,0	10	182	1.820
	50A	2	10,0	13	153	1.989
S22	50A	1	12,5	11	222	2.442
	50A	2	12,5	13	193	2.509
S23	50A	1	10,0	10	172	1.720
	50A	2	10,0	12	148	1.776
S24	50A	1	10,0	9	162	1.458
	50A	2	10,0	11	133	1.463
S25	50A	1	12,5	11	227	2.497
	50A	2	12,5	13	198	2.574
S26	50A	1	10,0	7	147	1.029
	50A	2	10,0	10	118	1.180
S27	50A	1	10,0	9	172	1.548
	50A	2	10,0	12	143	1.716
S28	50A	1	10,0	10	168	1.680
	50A	2	10,0	12	152	1.824
S29	50A	1	12,5	8	192	1.536
	50A	2	12,5	8	188	1.504
S30	50A	1	12,5	12	237	2.844
	50A	2	12,5	15	208	3.120
S31	50A	1	10,0	7	147	1.029
	50A	2	10,0	10	118	1.180
S32	50A	1	10,0	7	137	959
	50A	2	10,0	9	108	972
S33	50A	1	12,5	11	222	2.442
	50A	2	12,5	13	193	2.509
S34	50A	1	10,0	14	207	2.898
	50A	2	10,0	17	178	3.026
S35	50A	1	10,0	10	182	1.820
	50A	2	10,0	13	153	1.989
S36	50A	1	10,0	12	183	2.196
	50A	2	10,0	14	172	2.408

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Diante da grande quantidade de sapatas, a tabela 4 demonstra resumidamente a quantidade de aço empregada. Destacando a nomenclatura do aço, a espessura da bitola, o seu comprimento em metros e seu peso em quilogramas.

Tabela 4 - Resumo final de aço para a fundação por sapata isolada

Aço	Bitola (mm)	Comprimento (m)	Peso (kg)
50A	10,0	1.039,5	641
50A	12,5	289,3	279
Peso Total =			920

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Em seguida observamos o quantitativo de concreto para a cobertura, o baldrame e a fundação em sapata isolada. A tabela 5 demonstra a quantidade necessária de concreto em m³ para a etapa de cada piso.

Tabela 5 - Quantitativo de concreto para a fundação por sapata isolada

		Concreto (m ³)	Forma (m ²)	Fck (MPa)
Piso 2 Cobertura	Pilares	6,0	111,0	25
	Vigas	12,8	156,0	25
	Lajes	54,6	364,0	25
	Fundações	0,0	0,0	25
	Outros	0,0	0,0	-
	Total Cobertura	73,4	631,0	-
Piso1 Baldrame	Pilares	3,1	58,0	25
	Vigas	13,0	207,0	25
	Lajes	0,0	0,0	25
	Fundações	0,0	0,0	25
	Outros	0,0	0,0	-
Total Baldrame	16,1	265,0	-	
Piso 0 Fundação	Pilares	0,0	0,0	25
	Vigas	0,0	0,0	25
	Lajes	0,0	0,0	25
	Fundações	22,9	44,0	25
	Outros	0,0	0,0	-
Total Fundação	22,9	44,0	-	

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Ainda na tabela 5 observa-se a área de forma necessária, assim como a devida resistência em MPa. A tabela 6 detalha o resumo final de concreto para a fundação por sapata isolada.

Tabela 6 - Resumo final de concreto para a fundação por sapata isolada

	Concreto (m ³)	Forma (m ²)
Piso 2: Cobertura	73,4	631,0
Piso 1: Baldrame	16,1	265,0
Piso 0: Fundação	22,9	44,0
Totais	112,4	940,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Em resumo temos o concreto necessário em m³ para a cobertura, o baldrame e a fundação, bem como demonstrado a área de forma e a área total de cada piso.

5.2.2 Radier

Para o lançamento da fundação por radier, adotamos a mesma carga de paredes e a mesma localização dos pilares.

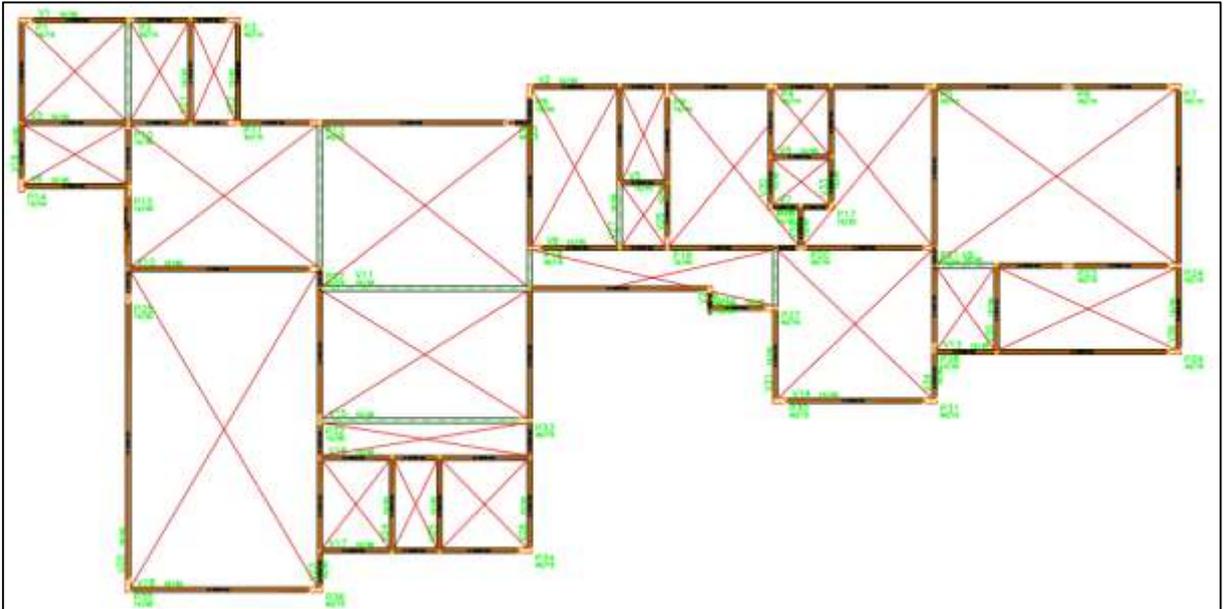
O módulo de reação do solo foi determinado levando em conta as características do solo de nossa região, que segundo o Engenheiro Jefferson consiste em sua maioria de Argila Dura.

Tendo como características do solo Argila Dura, através da tabela 1 é encontrado o valor do módulo de reação de ensaio de placa (k_{s1}), que é de 9,6 kgf/m³ ou 9600 tf/m³.

Segundo o American Concrete Institute (ACI) (1988), para a obtenção do coeficiente de reação do solo (k_v) devemos corrigir o valor de (k_{s1}) encontrado, para isso utilizou-se a equação 6, obteve-se então um valor corrigido de 831,30 tf/m³.

O espaçamento da grelha do radier foi adotado como sendo duas vezes a espessura do radier. O valor corrigido de 831,30 tf/m³ foi multiplicado pela área de um espaçamento da grelha, obtendo o valor de 299,26 tf/m³ valor esse que foi lançado no CAD/TQS. Na figura 17 apresenta-se a localização dos pilares e a carga das paredes.

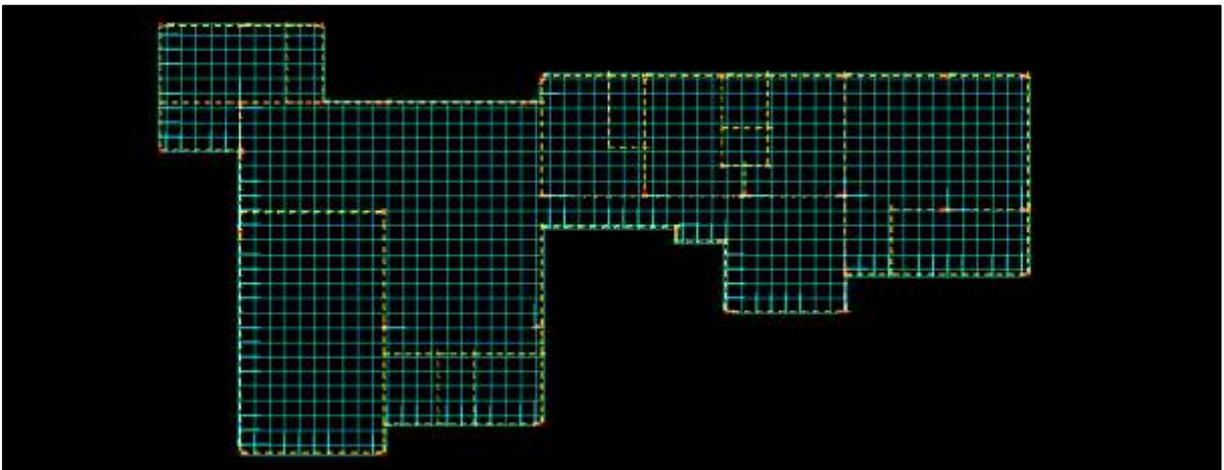
Figura 17 - Locação dos pilares e carga das paredes



Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

O espaçamento da grelha foi adotado tendo como base a altura do radier, portanto o espaçamento de grelha foi de 60cm para o dimensionamento. O detalhamento da grelha pode ser observado na figura 18.

Figura 18 - Detalhamento da Grelha

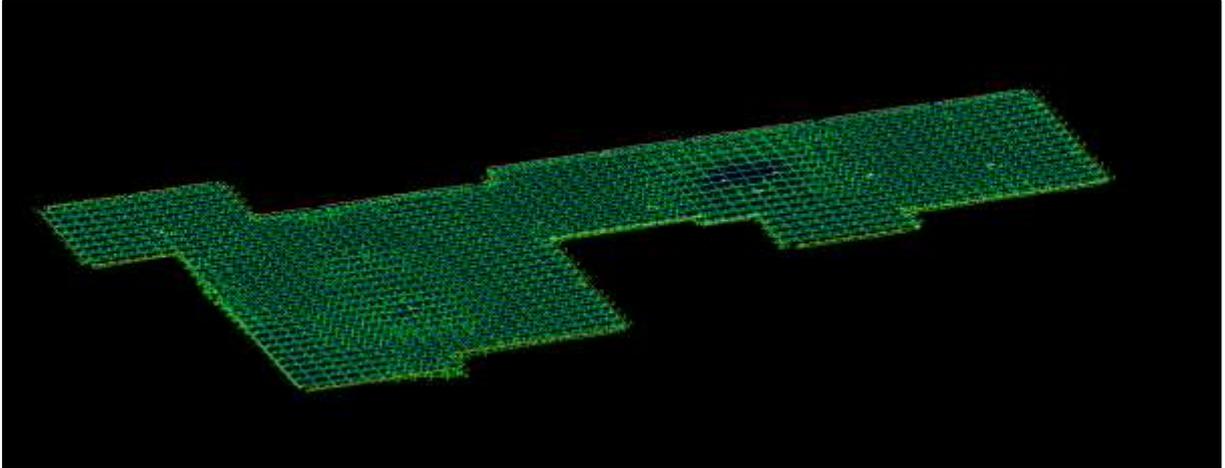


Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Para o cálculo do radier deverá sempre ser adotado o espaçamento da grelha, duas vezes a espessura da laje do radier.

O deslocamento da grelha pode ser observado conforme figura 19, nota-se que houve apenas um deslocamento mínimo, segundo o Eng. Jefferson esse deslocamento é normal e não compromete a estrutura como um todo.

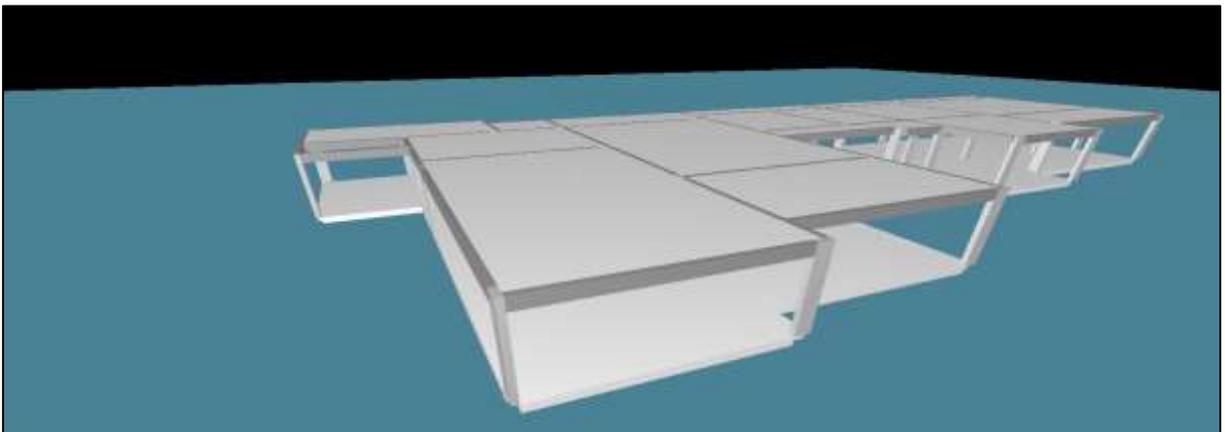
Figura 19 - Deslocamentos da Grelha



Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Para uma melhor visualização, a figura 21 destaca a perspectiva 3D de toda a estrutura já com a fundação por radier.

Figura 20 - Pórtico da estrutura em 3D



Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

A tabela 7, destaca o quantitativo de aço das armaduras principais, detalhando o tipo de aço, a posição da armadura, a bitola de cada barra, a quantidade de barras e seu comprimento em centímetros.

Tabela 7 - Quantitativo de aço das armaduras principais por radier

Aço	Posição	Bitola (mm)	Quantidade	Comprimento (cm)	
				Unitário	Total
50A	1	10	20	720	14.400
50A	2	10	4	512	2.048
50A	3	12,5	4	2.023	8.092
50A	4	10	1	100	100
50A	5	10	2	55	110
50A	6	12,5	12	626	7.512
50A	7	12,5	106	1.140	120.840
50A	8	12,5	34	919	31.246
50A	9	12,5	3	3.583	10.749
50A	10	10	1	410	410
50A	11	10	2	146	292
50A	12	12,5	66	757	49.962
50A	13	10	3	506	1.518
50A	14	10	75	1.140	85.500
50A	15	10	8	306	2.448
50A	16	10	63	301	18.963
50A	17	10	9	545	4.905
50A	18	10	1	285	285
50A	19	10	1	825	825
50A	20	10	1	505	505
50A	21	10	1	725	725
50A	22	10	1	720	720
50A	23	10	4	645	2.580
50A	24	10	3	631	1.893

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Em seguida é apresentado o resumo de aço para as armaduras principais, a tabela 8 detalha o peso em quilogramas, o comprimento em metros das duas bitolas utilizadas e sua resistência.

Tabela 8 - Resumo quantitativo das armaduras principais por radier

Aço	Bitola (mm)	Comprimento (m)	Peso (kg)
50A	10,0	1.382	853
50A	12,5	2.284	2.200
Quantidade Total de Aço-50B =			3.053

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

O quantitativo de aço das armaduras positivas secundárias também está detalhado na tabela 9, descrevendo o tipo de aço, a posição da armadura, a bitola de cada barra, a quantidade de barras e seu comprimento em centímetros.

Tabela 9 - Quantitativo de aço das armaduras positivas secundárias por radier

Aço	Posição	Bitola (mm)	Quantidade	Comprimento (cm)	
				Unitário	Total
50A	1	10	18	568	10.224
50A	2	10	3	555	1.665
50A	3	12,5	38	506	19.228
50A	4	12,5	19	1.140	21.660
50A	5	10	3	53	159
50A	6	12,5	1	568	568
50A	7	12,5	1	612	612
50A	8	12,5	2	1.804	3.608
50A	9	12,5	80	1.140	91.200
50A	10	10	1	400	400
50A	11	12,5	20	527	10.540
50A	12	12,5	4	1.487	5948
50A	13	10	1	205	205
50A	14	12,5	59	405	23.895
50A	15	12,5	4	1.389	5.556
50A	16	10	1	485	485
50A	17	10	1	535	535
50A	18	10	1	95	95
50A	19	10	43	678	29.154
50A	20	10	5	960	4.800
50A	21	10	15	738	11.070
50A	22	10	33	1.023	33.759
50A	23	10	3	1.016	3.048
50A	24	10	1	235	235
50A	25	10	57	873	49.761
50A	26	10	3	859	2.577
50A	27	10	1	350	350
50A	28	10	1	635	635

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Em seguida na tabela 10, é apresentado o resumo de aço das armaduras positivas secundárias, detalhando o peso em quilogramas e o comprimento em metros das duas bitolas utilizadas. Também destaca a resistência adotada.

Tabela 10 - Resumo quantitativo das armaduras positivas secundárias por radier

Aço	Bitola (mm)	Comprimento (m)	Peso (kg)
50A	10,0	1.492	920
50A	12,5	1.828	1.761
	Quantidade Total de Aço-60B =		-
	Quantidade Total de Aço-50B =		2.681

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Por se tratar de um número grande de armaduras, as armaduras negativas principais foram demonstradas em suas tabelas, na tabela 11 estão destacados os quantitativos para as armaduras da posição 1 até a posição 32.

Tabela 11 - Quantitativo de aço das armaduras negativas principais 1 a 32

Aço	Posição	Bitola (mm)	Quantidade	Comprimento (cm)	
				Unitário	Total
50A	1	10	1	435	435
50A	2	10	4	225	900
50A	3	10	9	205	1.845
50A	4	10	9	200	1.800
50A	5	10	4	455	1.820
50A	6	10	4	215	860
50A	7	10	4	220	880
50A	8	10	45	205	9.225
50A	9	10	4	310	1.240
50A	10	10	3	502	1.506
50A	11	10	1	345	345
50A	12	10	4	450	1.800
50A	13	12,5	3	230	690
50A	14	16	1	95	95
50A	15	10	4	510	2.040
50A	16	10	8	465	3.720
50A	17	10	8	620	4.960
50A	18	10	8	555	4.440
50A	19	10	8	390	3.120
50A	20	10	3	375	1.125
50A	21	10	4	380	1.520
50A	22	10	4	415	1.660
50A	23	10	9	700	6.300
50A	24	10	12	570	6.840
50A	25	10	4	995	3.980
50A	26	10	4	380	1.520
50A	27	10	4	240	960
50A	28	10	4	265	1.060
50A	29	10	4	540	2.160
50A	30	10	1	425	425
50A	31	10	8	460	3.680
50A	32	10	4	305	1.220

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Na tabela 12 temos a continuação da tabela 11, destacando as armaduras negativas principais da posição 33 até a posição 66.

Tabela 12 - Quantitativo de aço das armaduras negativas principais 33 a 66

Aço	Posição	Bitola (mm)	Quantidade	Comprimento (cm)	
				Unitário	Total
50A	33	10	20	730	14.600
50A	34	10	16	570	9.120
50A	35	16	41	823	33.743
50A	36	10	8	405	3.240
50A	37	10	24	490	11.760
50A	38	10	4	260	1.040
50A	39	10	11	535	5.885
50A	40	10	11	850	9.350
50A	41	10	8	435	3.480
50A	42	10	28	635	17.780
50A	43	10	1	645	645
50A	44	10	2	580	1.160
50A	45	10	4	385	1.540
50A	46	16	16	785	12.560
50A	47	10	13	515	6.695
50A	48	10	3	875	2.625
50A	49	10	8	420	3.360
50A	50	10	4	565	2.260
50A	51	10	16	715	11.440
50A	52	10	5	585	2.925
50A	53	10	2	530	1.060
50A	54	10	16	660	10.560
50A	55	10	1	545	545
50A	56	10	16	685	10.960
50A	57	10	8	670	5.360
50A	58	10	12	281	3.372
50A	59	10	12	1.140	13.680
50A	60	12,5	6	685	4.110
50A	61	12,5	1	760	760
50A	62	10	1	705	705
50A	63	12,5	2	679	1.358
50A	64	10	1	185	185
50A	65	10	1	590	590
60B	66	5	55	1.140	62.700

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Em resumo a tabela 13 apresenta os quantitativos finais de aço para as armaduras negativas principais. Nota-se que o software adota automaticamente uma maior variedade de bitolas para um melhor detalhamento e também algumas barras foram dimensionadas com uma resistência maior (Aço 60B).

Tabela 13 - Resumo quantitativo das armaduras negativas principais por radier

Aço	Bitola (mm)	Comprimento (m)	Peso (kg)
60B	5	627,0	97
50A	10,0	2.293	1.415
50A	12,5	69	67
50A	16	464	732
Quantidade Total de Aço-60B =			97
Quantidade Total de Aço-50B =			2.214

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Em seguida observamos o quantitativo de concreto para a cobertura e a fundação por radier. A tabela 14 demonstra o concreto necessário em m³, as formas necessárias em m² e o Fck adotado em MPa.

Tabela 14 - Resumo total de aço para a fundação por radier

Aço	Bitola (mm)	Comprimento (m)	Peso (kg)
60B	5,0	627,0	97,0
50A	10,0	5.166,9	3.188,0
50A	12,5	4.181,3	4.028,0
50A	16,0	464,0	732,0
Total =		10.439,2	8.045,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

A tabela 15 demonstra o quantitativo de concreto para os dois pisos da fundação por radier, destacando a quantidade necessária de concreto em m³ para a etapa de cada piso, a área de forma necessária e também a devida resistência em MPa.

Tabela 15 - Quantitativo de Concreto para a fundação por radier

		Concreto (m ³)	Forma (m ²)	Fck (MPa)
Piso 1 Cobertura	Pilares	6,0	111,0	25
	Vigas	12,8	156,0	25
	Lajes	54,6	364,0	25
	Fundações	0,0	0,0	25
	Outros	0,0	0,0	-
Total Cobertura		73,4	631,0	-
Piso 0 Fundação	Pilares	0,0	0,0	25
	Vigas	0,0	0,0	25
	Lajes	107,3	358,0	25
	Fundações	22,9	44,0	25
	Outros	0,0	0,0	-
Total Fundação		130,2	402,0	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

A tabela 16 detalha o resumo final de concreto para a fundação por radier.

Tabela 16 - Resumo final de concreto para a fundação por radier

	Concreto (m ³)	Forma (m ²)
Piso 1: Cobertura	73,4	631,0
Piso 1: Baldrame	130,2	402,0
Totais	203,6	1.033,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo será demonstrado os resultados finais da pesquisa, onde foi determinado o custo geral das fundações.

Para cada fundação serão analisados seus resultados e através da Planilha Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) desenvolvida pela editora PINI e o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil de Santa Catarina (SINAPI / SC), será determinado o custo dos serviços em terra, do aço, do concreto e das formas para as fundações.

Os serviços escolhidos para compor o orçamento, foram determinados levando em conta o seu custo significativo em relação ao custo total da fundação. Para uma melhor organização e visualização os serviços foram destacados como itens e numerados, são eles:

Item 1 - Escavação Mecanizada campo aberto solo de 1º categoria (Profundidade: Até 2m) (TCPO);

Item 2 - Concreto estrutural virado em obra, controle a consistência para vibração, brita 1 e 2, fck 25 MPa (TCPO);

Item 3 - Fabricação de fôrma de madeira para fundação, com tábuas e sarrafos (TCPO);

Item 4 - aço ca-50 - 10,0 mm (cortado e dobrado) (SINAPI / SC);

Item 5 - aço ca-50 - 12,5 mm (cortado e dobrado) (SINAPI / SC);

Item 6 - aço ca-50 - 16,0 mm (cortado e dobrado) (SINAPI / SC);

Item 7 - aço ca-60 - 5,0 mm (cortado e dobrado) (SINAPI / SC).

No quadro 3 e quadro 4 estão dispostos os itens 1, 2 e 3, com seus valores determinados através da tabela TCPO. Por se tratar de nomenclaturas muito extensas horizontalmente, os dados dão início no quadro 3 e continuam no quadro 4.

Quadro 3 – Código e descrição para os itens da planilha TCPO

ITEM	CÓDIGO TCPO	DESCRIÇÃO
1	002.004.004.051.SCG	ESCAVAÇÃO MECANIZADA CAMPO ABERTO SOLO DE 1ª CATEGORIA (PROFUNDIDADE: ATÉ 2 M)
2	005.001.003.024.SCG	CONCRETO ESTRUTURAL VIRADO EM OBRA, CONTROLE A CONSISTÊNCIA PARA VIBRAÇÃO, BRITA 1 E 2, FCK 25 MPA
3	004.001.003.015.SCG	FABRICAÇÃO DE FÔRMA DE MADEIRA PARA FUNDAÇÃO, COM TÁBUAS E SARRAFOS

Fonte: Adaptado de TCPO (2014).

A escolha da tabela TCPO se dá por ela ter detalhado o item Escavação Mecanizada em metros cúbicos, diferente da tabela SINAPI / SC que demonstra por hora.

Para os itens citados no quadro 3, são destacados os valores para cada item (quadro 4). Os valores são apresentados nos itens 1 e 2 correspondentes a um metro cúbico, e no item 3 corresponde a um metro quadrado.

Quadro 4 – Unidade e preços para os itens da planilha TCPO

ITEM	UNIDADE	PREÇO MAT. (TOT.) (R\$)	PREÇO M.O. (TOT.) (R\$)	PREÇO OUTROS (TOT.) (R\$)	PREÇO FINAL (TOT.) (R\$)
1	m ³	0,47	0,07	10,62	11,15
2	m ³	302,59	23,77	0,14	326,51
3	m ²	28,24	11,16	0,00	39,39

Fonte: Adaptado de TCPO (2014).

No quadro 5 e quadro 6 estão dispostos os itens 4, 5, 6 e 7, com seus valores determinados através da tabela SINAPI / SC. Por se tratar de nomenclaturas muito extensas horizontalmente, os dados dão início no quadro 5 e continuam no quadro 6.

Foi escolhida a tabela SINAPI / SC para o orçamento do aço, por ela ter detalhado todos os tipos de bitola usuais na construção civil.

Quadro 5 - Código e descrição para os itens da planilha SINAPI / SC

ITEM	CÓDIGO SINAPI / SC	DESCRIÇÃO DO INSUMO
4	34439	AÇO CA-50 - 10,0 MM (CORTADO E DOBRADO)
5	34441	AÇO CA-50 - 12,5 MM (CORTADO E DOBRADO)
6	34443	AÇO CA-50 - 16,0 MM (CORTADO E DOBRADO)
7	34456	AÇO CA-60 - 5,0 MM (CORTADO E DOBRADO)

Fonte: Adaptado de SINAPI / SC (2015).

Dando continuidade ao quadro 5, são destacados os valores para cada item (quadro 6). Os valores apresentados são correspondentes a um quilograma.

Quadro 6 - Unidade e preços para os itens da planilha SINAPI / SC

ITEM	UNIDADE	ORIGEM DE PREÇO	PREÇO MEDIANO (R\$)
6	Kg	*CR	4,51
7	Kg	*CR	4,28
8	Kg	*CR	4,28
9	Kg	*CR	4,17

* para preço obtido por meio do coeficiente de representatividade do insumo

Fonte: Adaptado de SINAPI / SC (2015).

Diante dos valores obtidos, a tabela 17 detalha o custo total da fundação por sapata isolada. Para o custo da escavação mecanizada da fundação por sapata isolada, calculou-se a área da base de cada sapata e foi multiplicado pela profundidade que se encontra a fundação.

Tabela 17 – Custo total da fundação por sapata isolada

Descrição do Serviço	Quantidade	Unidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Geral (R\$)
Escavação Mecanizada	106,79	m ³	11,15	1.190,71
Concreto Virado em Obra C25	112,40	m ³	326,51	36.699,72
Aço CA-50 / 10,0 mm	641,00	kg	4,51	2.890,91
Aço CA-50 / 12,5 mm	279,00	kg	4,28	1.194,12
Formas	940,00	m ²	47,29	37.026,60
Custo Total (R\$)				79.002,06

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

A tabela 18 descreve o custo total da fundação por radier. Para o custo da escavação mecanizada da fundação por radier, calculou-se a área total do radier e foi multiplicado pela profundidade do radier.

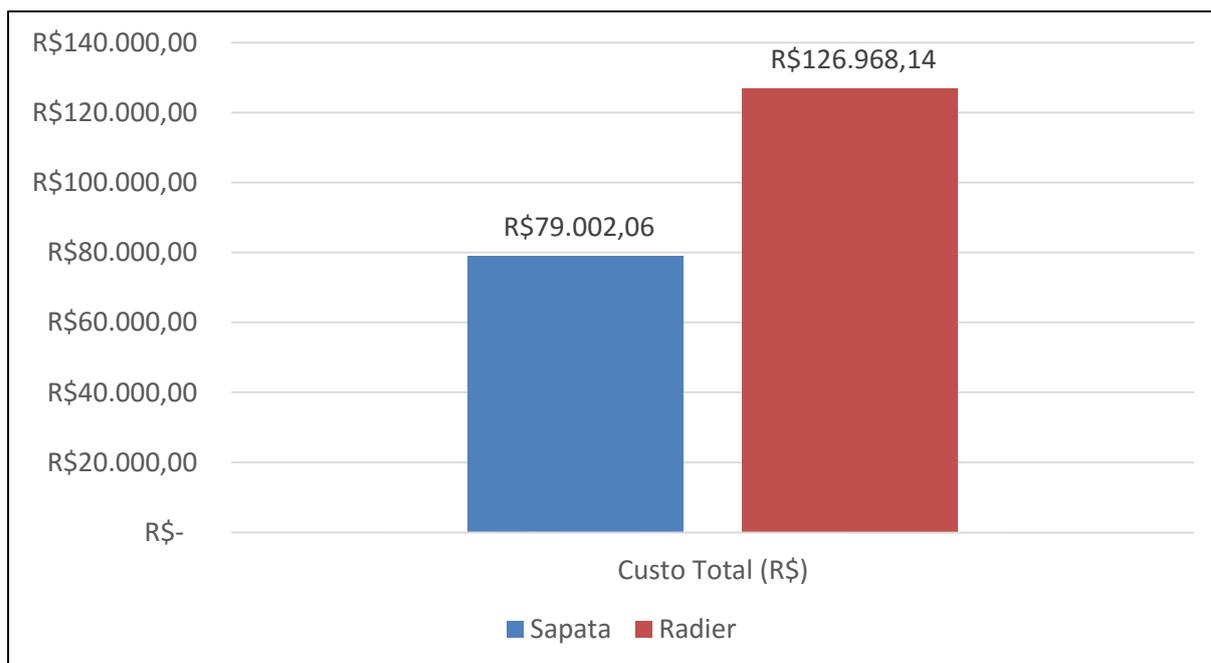
Tabela 18 – Custo total da fundação por radier

Descrição do Serviço	Quantidade	Unidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Geral (R\$)
Escavação Mecanizada	43,089	m ³	11,15	480,44
Concreto Virado em Obra C25	203,6	m ³	326,51	66.477,44
Aço CA-60 / 5,0 mm	97,0	kg	4,17	404,49
Aço CA-50 / 10,0 mm	3188,0	kg	4,51	14.377,88
Aço CA-50 / 12,5 mm	4028,0	kg	4,28	17.239,84
Aço CA-50 / 16,0 mm	732,0	kg	4,28	3.132,96
Formas	631,0	m ²	47,29	24.855,09
Custo Total (R\$)				126.968,14

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

As armaduras foram obtidas conforme os resultados obtidos no CAD/TQS, quantificadas em quilograma e classificadas em CA-50 (diâmetros nominais de 10,0 mm, 12,5 mm e 16,0 mm) e CA-60 (diâmetro nominal de 5,0 mm).

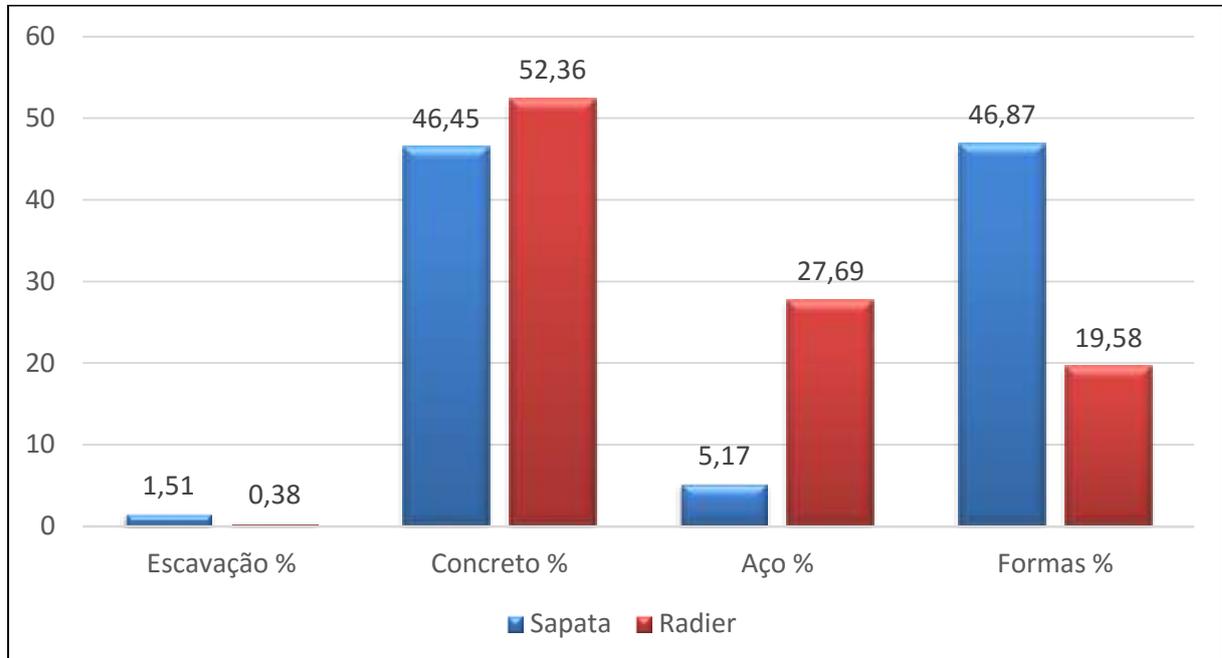
A seguir no gráfico 1, pode ser observado de maneira resumida o custo total de cada fundação.

Gráfico 1 – Valor total de cada fundação

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

No gráfico 2 está representado a porcentagem que cada tipo de material implica no custo total de cada fundação.

Gráfico 2 - Porcentagem correspondente dos materiais para cada fundação



Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Através do gráfico pode-se perceber que a escavação se torna um item pouco significativo no valor total. Já o percentual do concreto corresponde a grande parte do valor final de cada fundação, e a porcentagem entre os dois tipos de fundações são semelhantes, para este item.

O que chama atenção é o percentual correspondente ao aço, sendo que na fundação por sapata isolada representou apenas 5,17% do valor total, já na fundação por radier apresentou valor corresponde a 27,69% do valor total da fundação. O radier é acompanhado de uma malha de armadura ligeiramente elevada para combater os esforços em sua base, fator este que pode ter acarretado em um aumento significativo do custo do mesmo.

Para a fundação por sapata isolada o consumo de aço é bem menor, sendo necessário 920 kg para sua execução, comparando esse valor ao consumo de aço da fundação por radier que é de 8.045 kg, pode-se dizer que a fundação por sapata isolada é mais econômica.

Outro item importante são as formas que na fundação por sapata isolada correspondem a 46,87% do valor total, e na fundação por radier este valor é de 19,58%. Em ambas as fundações esse item se mostrou significativo, mas na sapata isolada ele é maior, devido a forma construtiva da mesma.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desse estudo buscou-se um comparativo econômico entre dois tipos de fundação superficial, sendo elas sapata isolada e radier. Para tais cálculos e dimensionamentos foram adotados parâmetros de solo oriundos da região de Chapecó-SC, bem como informações de projetos originais da fundação por sapata isolada.

Para a conclusão dos objetivos foi necessário realizar o dimensionamento dos dois tipos de fundação, o lançamento da estrutura foi executado através do software CAD/TQS, onde foi obtido o detalhamento das fundações, e também o quantitativo dos principais materiais considerados para execução.

Com o levantamento de quantitativos das composições e os preços, procurou-se orçar esses materiais. Tal orçamento foi obtido com a ajuda de duas tabelas de preços a TCPO (2014) e a SINAPI/SC (2015).

Mediante os resultados observa-se que a proporção de concreto é muito similar em ambas as fundações, porém, no dimensionamento da fundação por sapata isolada, a quantidade de aço é significativamente menor do que a empregada na fundação por radier.

Quanto aos custos, o total da fundação por sapata isolada resultou em R\$ 79.002,06, valor este que representa 62,22% do custo total da fundação por radier, que é de R\$ 126.968,14. Com este resultado, é possível concluir que o uso da fundação por sapata isolada mostrou-se mais econômico para essa obra em questão.

Para pesquisas futuras pode ser sugerido:

A realização de comparações em outras obras existentes na região;

A análise do fator tempo para a execução de ambas as fundações;

Realizar o mesmo estudo considerando uma obra com maior número de pavimentos;

REFERÊNCIAS

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

ALONSO, U. R. **Exercícios de Fundações**. São Paulo: Blucher, 2010.

BASTOS, P. S. **Sapatas de fundação**. Bauru, UNESP. Notas de aula da disciplina de estruturas de concreto III. 2012.

BRITO, J. L. W. **Fundações do edifício**. São Paulo, EPUSP, 1987.

BRUYNE, P.; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M. **Dinâmica da Pesquisa em Ciências Sociais**. 5 ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1991.

CASAGRANDE, M. D. T. Dissertação. **Estudo do Comportamento de Um Solo Reforçado Com Fibras de Polipropileno Visando o Uso Como Base de Fundações Superficiais**. UFRGS, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3349/000291907.pdf?sequence=1>>. Acesso em 20 de maio de 2015.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 5 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

DÓRIA, L. E. S. **Projeto de estrutura de fundação em concreto do tipo radier**. Maceió, 2007. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil: Estruturas) – Universidade Federal de Alagoa.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, A. S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. São Paulo, abril de 1995. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n2/a08v35n2.pdf>>. Acesso em: 11 de setembro de 2015.

HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; e NIYAMA, S. **Fundações Teoria e Prática**. São Paulo, PINI, 1998.

HG, E. **Fundações Superficiais: Alternativas para fundação, principais tipos de radier**. 25 de setembro de 2012. Disponível em: <http://construcaociviltips.blogspot.com.br/2012_09_01_archive.html>. Acesso em 20 de maio de 2015.

MELHADO, S. B., *et al.* **Fundações**. Escola Politécnica Da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <http://essel.com.br/cursos/biblioteca_tecnica/civil/Tipos%20de%20fundacoes.pdf>. Acesso em 03 de junho de 2015.

MEHTA e MONTEIRO, **Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais**. Editora PINI, São Paulo, 1994.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das Fundações**. São Paulo, Oficina de Textos, 2005.

MONTOYA, P.J.; MESEGUER, A.G; CABRÉ, F.M. **Hormigón Armado**, 8 ed. Barcelona, 1987. Ed. Gustavo Gili, S. A.

PEREIRA, F. L. G. **Utilização de Algoritmos Genéticos para Otimização de Blocos de Fundações Profundas**, 2010. Disponível em: <http://rica.ele.puc-rio.br/media/Revista_rica_n5_a1.pdf>. Acesso em 21 de março de 2015.

QUARESMA, A. R.; DÉCOURT, L.; ALMEIDA, M. S.; DANZIGER, F. **Fundações Teoria e Prática**, capítulo 3: Investigações Geotécnicas. São Paulo, PINI, 1998.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações: Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento**. São Paulo, Zigurete Editora, 2008.

RIBEIRO, M. A. A. **Análise Comparativa de Métodos Utilizados no Cálculo da Interação Solo-Radier**, 2010. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

RODRIGUES, A. C.; FERRONATO, M. **Breve discussão sobre os métodos científico, dedutivo, indutivo e hipotético-dedutivo**, 2010. Disponível em: <<http://www.partes.com.br/reflexao/sobremetodos.asp>>. Acesso em 27 de agosto de 2015.

SANTOS, C. J. G. **Tipos de pesquisa**. 2010. Disponível em: <http://www.oficinadapesquisa.com.br/APOSTILAS/METODOL/_OF.TIPOS_PESQUISA.PDF>. Acesso em 20 de outubro de 2015.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C.; FAIRCHILD, T. R. e TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo, USP, 2000.

VARGAS, M. **Evolução das Investigações geológicas: Os solos da cidade de São Paulo: Histórico das pesquisas**. São Paulo: Paulo's, 2002.

VELLOSO, D. de A. e LOPES, F. de R. **Fundações**. São Paulo, Oficina de Textos, 2011.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre, Sagra, 1991.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2000.

YAZIGI, W. **A Técnica de Edificar**. São Paulo: PINI, 2013.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ANEXOS

ANEXO A

