



ITC- Instituto tecnológico de Caratinga

RAFAELA DE BARROS SANTOS

TAILA DIANA SILVA QUINTÃO

A INFLUÊNCIA DE RECALQUES NA ALVENARIA ESTRUTURAL

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DOCTUM – MINAS GERAIS

2013



ITC- Instituto tecnológico de Caratinga

RAFAELA DE BARROS SANTOS

TAILA DIANA SILVA QUINTÃO

A INFLUÊNCIA DE RECALQUES NA ALVENARIA ESTRUTURAL

Monografia apresentada á banca examinadora da faculdade de Engenharia Civil, das faculdades integradas de Caratinga como exigência parcial de obtenção de grau de bacharel em engenharia Civil, sob a orientação do professor José Salvador Alves.

DOCTUM – CARATINGA

2013

RAFAELA DE BARROS SANTOS

TAILA DIANA SILVA QUINTÃO

A INFLUÊNCIA DE RECALQUES NA ALVENARIA ESTRUTURAL

Monografia submetida á comissão examinadora designada pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil como requisito para obtenção do grau de bacharel.

Prof. João Moreira de Oliveira Junior (Coordenador do curso de Engenharia Civil)

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Prof. José Salvador Alves (Orientador)

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Prof.^a Dra. Aline Rodrigues Soares (Examinadora)

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Prof.^a Camila Alves da Silva (Examinadora)

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Caratinga, 06/12/2013

DEDICATÓRIA

Á Deus, por tudo que proporciona em nossas vidas e a nossos familiares pelo amor e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, pela força e coragem durante toda esta caminhada.

Ao meu pai Raimundo, e minha mãe Juraci, pelo apoio e por tudo que sempre fizeram por mim, pelo exemplo, pela amizade, e carinho, itens fundamentais na construção do meu caráter.

Ao meu irmão Rafael, pelo apoio constante durante todos esses anos de faculdade.

Agradeço ao professor José Salvador Alves, meu orientador, pela sua dedicação, compreensão e conhecimento transmitido.

Agradeço a minha amiga e também companheira de monografia Taila que esteve ao meu lado nos momentos que mais precisei e que soube fazer de um simples convívio uma grande amizade.

A todos os meus colegas de faculdade pelo companheirismo durante esta jornada.

Agradeço a todos que sempre estiveram na torcida pela minha vitória, e acreditaram no meu potencial.

Rafaela de Barros Santos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que é minha força maior, que abençoa e ilumina todos os meus passos durante minha vida e principalmente durante todos esses anos de graduação.

Ao meu pai José Manoel Quintão que é o maior idealizador deste meu sonho, minha mãe Eliana Da Silva Lopes Quintão, por toda dedicação, carinho e incentivo nas horas de desânimo, agradeço a eles pelo carinho e compreensão, os valores que me fizeram quem sou.

Aos meus irmãos José Vitor e Tarsila que sempre me apoiaram e ajudaram em todas as circunstâncias.

Um Agradecimento especial também a meu professor e orientador, José Salvador Alves que não mediu esforços a nos auxiliar na concepção deste trabalho, assim como nas atividades acadêmicas.

Agradeço também a minha colega de grupo neste trabalho Rafaela de Barros Santo, que sempre esteve comigo em todos os momentos durante o curso, e em datas importantes do meu dia a dia, a quem desejo que sempre faça parte de minha vida e que os laços de amizade criados durante esse período permaneça por uma vida.

Enfim, agradeço também a todos que me incentivaram, meus familiares em especial minha Avó Maria Aparecida de Araújo responsável por muitas alegrias em minha vida, amigos, colegas de classe pela cooperação e companheirismo durante este período e todos que torceram de alguma forma para que este sonho se tornasse realidade.

Taila Diana Silva Quintão

RESUMO

O presente trabalho apresenta características do sistema construtivo em alvenaria estrutural e quais as influências que os recalques podem causar nesse tipo de estrutura. Serão enfocadas as principais vantagens de utilização, viabilidade econômica do método e os fatores que podem interferir no bom desempenho da estrutura, os quais estão diretamente ligados às condições do solo em que se apoiam suscetíveis às solicitações provenientes do sistema de fundação utilizado. Abordaremos quais tipos de solos são mais favoráveis para a implantação do sistema de alvenaria autoportante, as consequências, as origens dos recalques, os efeitos destes deslocamentos para a estrutura, formas de amenizar essa interferência e possíveis soluções as patologias que podem surgir nas estruturas oriundas de recalques das camadas inferiores a edificação. Visando apresentar um método construtivo que apesar de ser antigo não é utilizado em grande escala na nossa região e que atualmente vem sendo redescoberto devido à necessidade de se obter bons resultados em curto prazo, para que isso aconteça é necessário que haja uma boa conexão entre o solo e a estrutura, através de estudos prévios das condições do terreno e do empreendimento que se pretende implantar no local, com o intuito de prevenir possíveis patologias futuras.

Palavras chave: Alvenaria estrutural, solos, Influência de recalques.

ABSTRACT

This paper presents characteristics of structural masonry construction system and what influences the settlements can cause this type of structure. Will be focused on the main advantages of use, economic viability of the method and the factors that may interfere with the proper performance of the structure, which are directly related to soil conditions that support, susceptible to requests from the foundation system used. Discuss which types are most favorable for the implementation of a self-supporting masonry soil system, the consequences, the origins of the settlements, the effects of these displacements to the structure, ways to mitigate this interference and possible solutions pathologies that can arise in the structures derived from settlements of the lower layers the building. Order to present a constructive method which despite being old is not used widely in our region and currently is being rediscovered because of the need to obtain good results in the short term, for that to happen there needs to be a good connection between the soil and structure through previous ground conditions and the enterprise that intends to deploy on site, in order to prevent possible future studies pathologies.

Keywords : Structural masonry , soil , Influence of settlements

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Edifício monadnock (GOOGLE).....	9
Figura 2.2- Catedral de reims (GOOGLE).....	9
Figura 2.3- Sistema em paredes transversais (RAMALHO).....	18
Figura 2.4- Sistema em paredes celulares (RAMALHO).....	18
Figura 2.5- Sistema complexo (RAMALHO).....	19
Figura 2.6- Atuação do vento (RAMALHO).....	21
Figura 3.1- Bloco em alvenaria de tijolos (HACHICH).....	28
Figura 3.2- Sapata corrida (FREITAS).....	29
Figura 3.3- Sapata isolada (FREITAS).....	29
Figura 3.4- Sapata associada (HACHICH).....	30
Figura 3.5- Sapata alavancada (HACHICH).....	31
Figura 3.6- Radier (FREITAS).....	32
Figura 4.1- Configurações básicas das fissuras (HOLANDA JUNIOR, 2002).....	42
Figura 4.2- Fissuras devidas a recalques do apoio central (HOLANDA JUNIOR, 2002)	43
Figura 4.3- Fissuras próximas às aberturas, causadas por recalques (HOLANDA JUNIOR, 2002).....	43
Figura 4.4- Execução de fundação sobre aterro (SAMPAIO, 2010).....	46
Figura 4.5- Rebaixamento do lençol freático (SAMPAIO, 2010).....	46
Figura 4.6- Influência de fundações vizinhas (SAMPAIO, 2010).....	47
Figura 4.7- Ascensão de fissura (SAMPAIO, 2010).....	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. ALVENARIA ESTRUTURAL.....	05
2.1 Sistemas construtivos.....	05
2.2 Histórico.....	07
2.3 Classificação.....	09
2.4 Componentes.....	10
2.5 Aspectos técnicos e econômicos.....	13
2.6 Benefícios de Utilização.....	14
2.7 Fatores condicionantes à sua utilização.....	16
2.8 Análise estrutural para cargas verticais.....	17
2.9 Análise estrutural para cargas horizontais.....	20
3. INTERAÇÃO SOLO – ESTRUTURA.....	23
3.1 Importância.....	23
3.2 Fundações.....	26
3.2.1 Blocos.....	27
3.2.2 Sapatas.....	28
3.2.3 Sapata corrida.....	28
3.2.4 Sapatas isoladas.....	29
3.2.5 Sapatas associadas.....	29
3.2.6 Sapata alavancada.....	30
3.2.7 Radier.....	31

3.3 Escolha do tipo de Fundação.....	32
4. CONSEQUÊNCIAS E MÉTODOS PREVENTIVOS.....	34
4.1 Definições de Patologias.....	34
4.1 Recalques.....	36
4.3 Causas de Recalques.....	38
4.4 Métodos de Previsão de Recalques e ações nas estruturas.....	39
4.5 Fissuras na Alvenaria.....	41
4.6 Recalques na Alvenaria.....	44
4.7 Fatores que influenciam nas ocorrências Patológicas devidas a recalques.....	46
4.8 Reforço e Recuperação de Estruturas.....	48
4.9 Reforço de fundações.....	50
5. CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	58

1. INTRODUÇÃO

O uso da alvenaria estrutural vem apresentando constantes avanços ao longo dos anos, isso devido à necessidade de métodos mais eficientes e rápidos para execução de obras, visando sempre bons resultados. Mas para que isso seja possível são necessários estudos e pesquisas que tenham como objetivo descobrir formas de evitar possíveis deformações causadas por recalques, durante e após a execução da obra garantindo que esta atenda as finalidades a que se propõe.

A elaboração de um sistema estrutural requer análises prévias das características do empreendimento e no caso da alvenaria estrutural, problemas provenientes de recalques podem acarretar deformações irreversíveis por se tratar de um sistema rígido com restrições quanto à mobilidade das paredes, fazendo com que os efeitos dos recalques sejam mais prejudiciais do que em estruturas de concreto armado, madeira ou aço.

As restrições do método em alvenaria autoportante e as consequências patológicas dos recalques geram um problema em relação à estabilidade e segurança deste quando suscetíveis a recalques diferenciais, como proceder para evitar que tais fatores comprometam de forma significativa a estrutura?

Nesse aspecto é imprescindível que se tenha pleno conhecimento das características do solo sobre o qual se apoia o elemento de fundação para que este não sofra interferências que prejudiquem seu desempenho, visto que, em alvenaria estrutural os recalques podem gerar patologias de difícil correção e por se tratar de um sistema rígido e com pequena ductilidade a alvenaria esta mais sensível às deformações não previstas. É importante também o conhecimento dos limites que podem ser admitidos para os recalques e até que ponto esses deslocamentos podem prejudicar a estrutura.

Estudos avançados nesse contexto podem trazer diversos benefícios ao sistema de alvenaria autoportante, pois gera possibilidades de elaboração de projetos que atendam as exigências e ajudem a prevenir possíveis danos à estrutura. Projetos de alvenaria estrutural devem ser racionalizados desde sua

concepção sendo necessários estudos prévios e busca de novas tecnologias no ramo construtivo para que seja possível o desenvolvimento de empreendimentos com melhor custo benefício e com boas características de desempenho.

O presente trabalho tem como objetivo geral apresentar o método construtivo em alvenaria estrutural, suas características e viabilidade em relação a aspectos técnicos e econômicos e os problemas que podem ser decorrentes de possíveis recalques, evidenciando a importância do conhecimento prévio do solo ao qual será aplicado o sistema de fundações. Como objetivo específico, evidenciaremos a importância da correta execução do sistema, fatores que podem ocasionar possíveis recalques e como estes podem influenciar no comportamento da estrutura. Citando as consequências patológicas causadas por falta de estudos prévios, uso de materiais inadequados, erros de execução entre outros fatores.

As informações contidas no desenvolvimento do trabalho são descritas partindo-se da hipótese de que, para que um empreendimento apresente comportamentos adequados ao que se propõe são imprescindíveis, entre outros, os atributos de estabilidade e segurança para a execução de uma edificação, os quais estão intimamente ligados com o conhecimento dos elementos sobre o qual esta se apoia sem os quais a aplicação dos demais conhecimentos técnicos torna-se inviável e os atributos pretendidos não são alcançados. Portanto, a perfeita interação entre o solo, o elemento de fundação e a alvenaria, devem funcionar como um conjunto harmônico, garantindo a prevenção a possíveis recalques que possam comprometer o desempenho da estrutura, sua segurança e estabilidade.

Levando-se em conta os problemas enfrentados em relação à moradia, encarados por diversas regiões do Brasil buscamos evidenciar o método construtivo em alvenaria estrutural como um mecanismo que pode funcionar como uma solução economicamente viável à redução do déficit habitacional do país, e junto aos avanços tecnológicos a alvenaria estrutural se desenvolve ao passo que sua utilização alcança novos mercados.

É necessário ter conhecimento de que cada terreno apresenta um tipo de solo, gerando a necessidade de se analisar as características principais do local onde será aplicado o sistema de fundações para que este seja compatível com o

tipo de solo, evitando assim que a alvenaria sofra deformações provenientes do sistema de fundações, além de proporcionar meios de prevenção a possíveis recalques que podem ser decorrentes do mau dimensionamento da estrutura ou falta de conhecimento da capacidade de resistência apresentada pelo solo em relação à carga nele aplicada. É importante também evidenciar como esses afundamentos podem interferir no comportamento estrutural da parede autoportante, para que o método apresente bom desempenho ao que se propõe.

Como o sistema em alvenaria estrutural busca uma distribuição mais uniforme das tensões normais ao longo das paredes resistentes, a fundação mais apropriada seria aquela que respeitasse essa tendência de comportamento¹.

Os métodos de determinação dos recalques foram aperfeiçoados com o passar dos anos, mas ainda é fonte de pesquisas e estudos em diversas áreas da geotecnia, visto que eles podem ser diagnosticados, mas ainda não podem ser quantificados de forma precisa, são baseados em estimativas aceitáveis.

O trabalho foi realizado tendo como base metodológica, revisões bibliográficas enfocadas nos conceitos característicos do método de alvenaria estrutural e o aparecimento de recalques a que estão sujeitos, originados por fatores diversos.

Inicialmente apresentaremos definições sobre a alvenaria estrutural, conceituando e expondo suas características e benefícios, e seguiremos apresentando o método e fatores como o aparecimento de recalques, que podem influenciar diretamente no correto desempenho da estrutura. Faremos uma apresentação das possíveis consequências desses recalques e os métodos preventivos.

É nosso propósito descrever os problemas relacionados com a falta de interação entre os solos e a estrutura de alvenaria autoportante, mostrando

¹FREITAS, Ivo Emiliano Braga de. **Comportamento e projeto de fundações superficiais em edifícios de alvenaria estrutural**. 2010.73p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010, p.5.

alternativas viáveis para solucionar problemas decorrentes dos recalques, tendo como sustentação a bibliografia disponível.

2. ALVENARIA ESTRUTURAL

Chamamos de alvenaria estrutural o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa formando um elemento vertical coeso, com finalidade de vedar ambientes, resistir a impactos, ações externas e promover a segurança e estabilidade dos usuários, sendo que especialmente nesse sistema as cargas são transmitidas as fundações através das próprias paredes autoportantes.

Segundo Tauil, “em alvenaria estrutural não se utilizam pilares e vigas, pois as paredes chamadas portantes compõem a estrutura da edificação e distribui as cargas uniformemente ao longo das fundações”².

Neste capítulo apresentaremos o método com suas características principais, os tipos de alvenaria estrutural, as vantagens, os fatores que limitam sua utilização e as análises que devem ser feitas em relação à distribuição das cargas.

2.1 Sistemas Construtivos

São criados com o intuito de conferir agilidade e facilidade a construção civil, é formado por um conjunto de normas específicas que auxiliam na execução completa ou parcial de determinados serviços, ou seja, o conjunto de regras práticas ou o resultado de sua aplicação, de uso adequado e coordenado de materiais e mão de obra, associados para concretização de projetos previamente programados. Em um sistema construtivo as cargas são distribuídas ao longo dos elementos, podendo estes distribuí-las de forma linear ou uniforme. No caso da distribuição linear podemos citar os sistemas estruturados nos quais o suporte das cargas é realizado através de vigas e pilares devidamente dimensionados de modo prévio e possuem a finalidade de resistir às solicitações da estrutura, seu peso próprio e todas as cargas atuantes, uma vez que materiais empregados são escolhidos através de análises das características do empreendimento a ser implantado, podendo ser construídas

² TAUIL, Carlos Alberto; NESSE, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural: Metodologia do projeto detalhes mão de obra normas e ensaios**. São Paulo: Pini 2010, p.20.

com elementos de concreto armado, madeira ou aço que serão descritos nos parágrafos seguintes.

Elementos em concreto armado são aqueles nos quais as paredes tem apenas a função de vedação e separação de ambientes não apresentando nenhuma função estrutural, podendo ser removidas sem comprometer a estrutura de suporte das cargas que são distribuídas de forma linear entre os elementos portantes, constituídos da junção do concreto que possui boa resistência à compressão e o aço com boas características de resistência a esforços de tração que aderidos formam um conjunto que permite vencer grandes vãos e alcançar alturas variadas.

Sempre é bom lembrar que a natureza proporcionou ao concreto armado a indispensável aderência entre os materiais que o compõem. Uma seção de concreto armado terá a armadura “trabalhando” para resistir às tensões de tração e o concreto a parte de compressão, quando esta tração é levada primeira ao concreto³.

Do ponto de vista estrutural a madeira apresenta boa resistência tanto à compressão quanto a tração, portanto pode ser utilizada em muitos tipos de sistemas estruturais, apresentando-se como um material leve e com boa durabilidade, quando empregada de forma correta. Porém, apesar de apresentar vantagens o método não está associado a grandes edificações, visto que as peças apresentam dimensões pequenas e dificuldades de se obter boas junções estruturais, o que limita o uso do sistema.

Segundo a ABNT, “A aceitação da madeira para a execução da estrutura fica subordinada a conformidade de suas propriedades de resistência a valores especificados no projeto”⁴.

O aço é um material de boa resistência. As construções em aço apresentam vantagens em sua utilização, como exemplos podemos citar agilidade de montagem, menor tempo de execução, facilidade de vencer grandes vãos, precisão das dimensões dos componentes estruturais, entre outras.

³ ADÃO, Francisco Xavier; HEMERLY, Adriano Chequetto. **Concreto Armado: novo milênio Cálculo Prático e econômico**. 2. Ed., Rio de Janeiro: Interciência, 2010, p.11.

⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 07190- **Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997, p.6.

De acordo com PFEIL, as estruturas em aço “geralmente são formadas pela combinação dos principais elementos lineares (tirantes, colunas, vigas), constituindo as estruturas portantes das construções civis”⁵.

Embora as estruturas em aço apresentem aspectos positivos, também possuem características que limitam o uso devido ao fato de necessitar de equipe técnica especializada e qualificada para execução. As perdas de peças são irreversíveis, além da preocupação relacionada à corrosão a qual o aço apresenta sensibilidade.

A distribuição de cargas de forma uniforme ao longo das paredes se caracteriza como tema principal deste capítulo no qual será focado o sistema denominado alvenaria estrutural, que se apresenta como uma tendência ágil e econômica. É um sistema estrutural racionalizado que utiliza peças industrializadas com dimensões específicas caracterizando-se como um conjunto rígido de blocos ligados por argamassa, no qual as paredes tem função de suporte e distribuição uniforme das cargas.

2.2 Histórico

Apesar de ser ainda pouco utilizada, a alvenaria autoportante é o mais antigo sistema construtivo usado na humanidade e ainda hoje podem ser encontradas em algumas regiões do mundo. Inicialmente desenvolveu-se pelo simples empilhamento de blocos que desempenhavam as funções de suporte das cargas e os vãos eram feitos através de peças auxiliares de pedra ou madeira que foram sendo aprimorados ao longo do tempo.

Dentre os exemplos podemos citar o edifício Monadnock, localizado em Chicago que foi construído de 1889 a 1891 sendo considerado um símbolo clássico da moderna alvenaria estrutural, porém devido aos métodos empíricos utilizados na época as paredes da base possuem cerca de 1,80m de espessura, atualmente com

⁵PFEIL, Walter e PFEIL, Michéle. **Estruturas de aço: Dimensionamento Prático**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC- Livros técnicos e científicos, 2000, p.25.

a utilização dos métodos atuais seria possível uma redução na espessura para aproximadamente 0,30m.

Outro exemplo clássico de obras construídas a partir de estruturas comprimidas é a Catedral de Reims, que ficou marcada devido à técnica utilizada para se conseguir maiores vãos. Geralmente as catedrais góticas, principalmente a de Reims podem ser citadas como modelos de estruturas nas quais seus interiores passam a sensação de grandeza e amplitude, apesar dos métodos limitados que foram utilizados nesses tipos de edificações.

No Brasil os primeiros prédios em alvenaria estrutural foram construídos a partir do ano 1966, eram constituídos por quatro pavimentos no conjunto habitacional da Lapa, porém, atingiu o auge no Brasil na década de 80 e nesse período foram construídos edifícios mais elevados como o condomínio central parque da Lapa, em 1972, era constituído por blocos com edifícios de 12 pavimentos tornando-se uma opção para famílias de baixa renda.

A falta de profissionais qualificados ocasionou uma redução na eficiência do método devido a patologias que foram surgindo nesse tipo de edificação, o que gerou uma desaceleração do sistema. Uma vez, que nesse sistema torna-se mais difícil os reparos e por muitos anos o uso da alvenaria estrutural foi deixando de ser utilizadas em grande escala, dando lugar às construções em concreto armado, que foram ganhando espaço, constituindo-se por muito tempo sistema mais utilizados em empreendimentos o que ainda se pode observar em diversas regiões do país, tornando o método de alvenaria obsoletos. Isso acontece em razão da falta de conhecimento que ainda existe em relação à alvenaria estrutural e a falta de investimentos na área, porém, este cenário vem sendo modificado graças à necessidade de construções mais ágeis e viáveis economicamente.

Os diversos benefícios provenientes da utilização da alvenaria estrutural vêm modificando a visão dos construtores em relação aos sistemas utilizados, fazendo com que as construtoras voltem a se interessar pelas construções racionalizadas e as fábricas de materiais cerâmicos retomem investimentos nesses tipos de bloco.

Durante um longo período a alvenaria predominou como material estrutural, mas foi perdendo espaço devido à falta de conhecimentos específicos e pesquisas

na área, pois na época não se tinha o conhecimento das técnicas de racionalização, o que produzia um superdimensionamento das estruturas, pois os cálculos eram realizados de forma empírica e não se tinha tecnologias que auxiliassem no desenvolvimento correto dos projetos.

Atualmente o processo de alvenaria estrutural volta a ser uma tendência de mercado que confere diversas vantagens à construção civil e voltam a conquistar o mercado com novas tecnologias e materiais, descobertas realizadas através de estudos e pesquisas feitas ao longo dos anos em relação a sistemas construtivos racionalizados, atendendo a um mercado consumidor que aspira por constantes inovações tecnológicas e econômicas.

As imagens a seguir são exemplos de estruturas autoportantes que apesar do tempo de construção ainda atendem as exigências estruturais, constituindo-se como símbolos da eficácia do sistema.



Figura 2.1: Edifício Monadnock
Fonte: Google.



Figura 2.2: Catedral de Reims
Fonte: Google.

2.3 Classificações

Podemos classificar a alvenaria estrutural por meio do processo construtivo empregado, quanto aos tipos de unidades ou ao material utilizado, como segue:

Alvenaria Estrutural Não Armada é o processo construtivo, no qual nos elementos estruturais existem somente armaduras que possuem apenas a função

de elemento construtivo, de modo a prevenir problemas patológicos (fissuras, concentração de tensões, etc.). Para a ABNT o processo pode ser descrito como, “Aquela construída com blocos vazados assentados com argamassa, e que contém armadura com finalidade construtiva ou de amarração, não sendo esta última considerada na absorção dos esforços calculados”⁶.

Alvenaria Estrutural Armada consiste em um processo construtivo, que tem por necessidade estrutural, que seus elementos resistentes (estruturais) possuam uma armadura passiva de aço. Essas armaduras são colocadas nas cavidades dos blocos que em seguida são preenchidas com graute.

Aquela construída com blocos vazados, assentados com argamassa, na qual certas cavidades são preenchidas continuamente com graute, contendo armaduras envolvidas o suficiente para absorver esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtiva ou de amarração⁷.

Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada é o processo construtivo em que alguns elementos resistentes são projetados como armados e outros como não armados.

Aquela em que algumas paredes são construídas, segundo as recomendações da alvenaria armada, com blocos vazados, assentados com argamassa, e que contém armaduras localizadas em algumas cavidades preenchidas com graute para resistir aos esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtivas ou de amarração, sendo as paredes restantes consideradas não armadas⁸.

Alvenaria estrutural Protendida é o processo construtivo no qual existe uma armadura ativa de aço contida no elemento resistente.

2.4 Componentes

Em relação as unidade que compõem o sistema, são caracterizados por tijolos ou blocos de material cerâmico ou de concreto.

⁶ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 10837- **Calculo de Alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro, 1989, p.2.

⁷ Idem, 1989, p.2.

⁸ Idem, 1989, p.2

Quanto ao material componente, as unidades mais utilizadas no Brasil para edificações de alvenaria estrutural são, em ordem decrescente de utilização: Unidades de concreto, unidades cerâmicas e unidades sílico-caucárias⁹.

Compreende-se que um componente de alvenaria é uma entidade básica, ou seja, algo que compõe os elementos que, por sua vez, formará a estrutura. Na alvenaria Estrutural seus principais componentes são: blocos ou unidades, argamassa, graute e armadura, sendo que existem também outros componentes de grande importância ao bom desempenho do método e, dentre eles podemos destacar as vergas, contravergas, cintas e coxins.

As unidades são as principais responsáveis por definir as características resistentes da estrutura. As unidades mais utilizadas no Brasil para edifícios de alvenaria estrutural são, em ordem decrescente de utilização: unidade de concretos, unidades cerâmicas e unidades sílico-calcáreas. Quanto à forma essas unidades podem ser maciças ou vazadas, sendo denominados tijolos ou blocos respectivamente. Podemos considerar maciças aquelas que possuem um índice de vazios de no máximo 25% da área total, excedendo a este percentual a unidade é classificada como vazada. Já quanto à aplicação, as unidades podem ser de vedação e estruturais e são conceituadas de acordo com as definições a seguir.

A argamassa pode ser descrita como o elemento utilizado nas ligações entre os blocos, evitando pontos de concentração de tensões.

Segundo Ramalho e Corrêa, “A argamassa possui as funções básicas de solidarizar as unidades, transmitir e uniformizar as tensões entre as unidades de alvenaria, absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de água e de vento nas edificações¹⁰”.

O graute pode ser conceituado como:

Concreto com agregados de pequenas dimensões e relativamente fluido, necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos. Sua função é proporcionar o aumento da área de seção transversal das unidades ou promover a solidariedade dos blocos com eventuais armaduras posicionadas nos seus vazios¹¹.

⁹ RAMALHO, Marcio. A; CORRÊA, Marcio R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003, p.7.

¹⁰ Idem, 2003, p.8.

¹¹ Idem, 2003, p.8.

As armaduras serão utilizadas na forma construtiva ou de cálculo e em conjunto com os outros componentes para cobrir as necessidades construtivas e absorver esforços de tração e/ou de compressão.

“As barras de aço utilizadas nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, mas neste caso as armaduras serão sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria”¹².

Outro elemento constituinte do sistema são as cintas que ligadas às paredes apresentam as funções de transmissão de esforços e amarração.

De acordo com a ABNT, cinta caracteriza-se como o “Elemento estrutural apoiado continuamente na parede, ligados ou não as lajes ou as vergas das aberturas, e que transmite cargas para as paredes resistentes, tendo função de amarração”¹³.

Para a distribuição das cargas verticais utiliza-se o elemento denominado coxim, que pode ser descrito como “componente, não contínuo e não apoiado na parede, possuindo relação de comprimento para altura menor ou igual a três, com a finalidade de distribuir as cargas concentradas à parede que lhe dá apoio”¹⁴.

As paredes de alvenaria estrutural apresentam uma maior rigidez em relação a outros sistemas e a utilização de um elemento chamado enrijecedor pode ser descrito como ferramenta de auxílio a esta característica.

Segundo a ABNT o enrijecedor pode ser descrito como “Elemento vinculado a uma parede estrutural, com a finalidade de produzir um enrijecimento na direção perpendicular ao seu plano”¹⁵.

¹² Idem, 2003, p.8.

¹³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 10837- **Calculo de Alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro, 1989, p.2.

¹⁴ Idem, 1989, p.2.

¹⁵ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 15812-1- **Alvenaria estrutural-blocos cerâmicos. parte 1: projetos**. Rio de Janeiro, 2010, p.3.

2.5 Aspectos técnicos e econômicos

Quando o mercado adota um novo sistema construtivo são necessários que se discutam os aspectos técnicos e econômicos envolvidos. Ou seja, devemos considerar, para cada um desses itens, as principais vantagens e desvantagens deste novo sistema.

A alvenaria estrutural como todo sistema construtivo a que se propõe utilizar, deve-se considerar uma criteriosa análise dos diversos aspectos por ele abrangidos, tais como, as necessidades a se satisfazer, a logística necessária para sua execução, e a viabilidade técnica e econômica. Em virtude destas considerações, faz-se necessário percolar pela extensão da matéria em questão, para que tal possibilite a compreensão do tema como um todo e norteie os estudos subsequentes.

Como a alvenaria estrutural é oriunda de uma concepção de racionalização pressupondo uma melhora contextual através de reformas específicas nas partes do processo, a elaboração e execução de projetos utilizando esse sistema atingem um nível desejável de economia em virtude da retirada de vigas e pilares como forma de transmissão dos esforços compensando os custos produtivos da alvenaria estrutural. Entretanto, há necessidade de se observar alguns detalhes importantes para que a situação não se inverta, passando a ser a alvenaria um sistema mais oneroso para produção da estrutura.

Esses importantes detalhes dizem respeito a determinadas características da edificação que se pretende construir, pois não seria correto considerar que um sistema construtivo seja adequado a qualquer edifício. Por isto apresentaremos a seguir as três características mais importantes que devem ser levadas em conta para decidir o mais adequado sistema construtivo a ser utilizado.

Um dos parâmetros a serem analisados diz respeito à altura da edificação, uma vez que no caso de edifícios com mais de dezesseis pavimentos a característica de economia não é alcançada com êxito.

No caso da altura, consideram-se os parâmetros atuais no Brasil, pode-se afirmar que a alvenaria é adequada a edifícios de no máximo 15 ou 16

pavimentos. Para estruturas com um número de pavimentos acima desse limite, a resistência á compreensão dos blocos encontrados no mercado, não permite que a obra seja executada sem um esquema de grauteamento generalizado, o que prejudica muito a economia¹⁶.

Outro fator de extrema relevância quando se trata da adoção do sistema em alvenaria estrutural está relacionado ao arranjo arquitetônico, pois as densidades das paredes podem influenciar diretamente no bom desempenho do método.

É claro que as informações feitas no item anterior referem-se a edifícios usuais. Para arranjos arquitetônicos que fujam desses padrões, a situação pode ser um pouco melhor, ou bem pior. Nesse caso é importante se considerar a densidade de paredes estruturais por m² de pavimento. Um valor razoável é que haja de 0,5 a 0,7m de paredes estruturais por m² de pavimento¹⁷.

Durante a concepção do projeto é necessário ter o conhecimento da atividade a que se destina o empreendimento e as características almejadas, pois o método em alvenaria autoportante, pode não ser viável dependendo do padrão que se deseja alcançar, visto que o método é mais utilizado para edifícios residenciais de baixo ou médio padrão, com vãos relativamente pequenos. Segundo Ramalho e Corrêa: “é importante ressaltar que para edifícios comerciais ou residenciais de alto padrão, onde haja a necessidade de vãos grandes esse sistema construtivo não é adequado”¹⁸.

A adoção da alvenaria estrutural apresenta-se como uma técnica vantajosa e capaz de auxiliar de forma significativa na solução de problemas habitacionais do país, porém deve ser aplicada respeitando as normas e as peculiaridades do método.

2.6 - Benefícios de utilização

Prosseguindo com os aspectos técnicos e econômicos da alvenaria estrutural, abaixo apresentaremos as características que podem representar as

¹⁶ RAMALHO, Marcio. A; CORRÊA, Marcio R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003, p.9.

¹⁷ Idem, 2003, p.9

¹⁸ Idem, 2003, p.10.

principais vantagens do sistema em relação às estruturas convencionais de concreto em ordem decrescente de importância.

Por se tratar de um método inovador a alvenaria estrutural pode trazer benefícios como economia de fôrmas, redução significativa de revestimentos, redução nos desperdícios de material e mão de obra, redução do número de especialidades e flexibilidade no ritmo de execução de obras, as quais serão descritas a seguir.

As fôrmas são reduzidas de forma significativa, podendo ser reaproveitadas. De acordo com Ramalho e Corrêa, “Quando existem, as fôrmas se limitam às necessárias para a concretagem das lajes. São, portanto, fôrmas lisas, baratas e de grande aproveitamento”¹⁹.

Em relação aos revestimentos pode-se alcançar uma redução considerável devido ao fato dos blocos apresentarem um controle de qualidade e o método apresentar um maior controle de execução. As camadas de acabamento e revestimentos cerâmicos podem ser aplicadas diretamente nas paredes.

Por se utilizar blocos de qualidade controlada e pelo controle maior na execução, a redução dos revestimentos é muito significativa. Usualmente o revestimento interno é feito com uma camada de gesso aplicada diretamente sobre a superfície dos blocos²⁰.

A utilização da alvenaria autoportante apresenta como ponto positivo também a redução de desperdícios, gerados pela racionalização do projeto fazendo com que não ocorram posteriores intervenções e evitando o acúmulo de entulhos oriundos da edificação.

O fato das paredes não admitirem intervenções posteriores significativas, como rasgos para colocação de instalações hidráulicas e elétricas, é uma importante causa da eliminação de desperdícios. Assim o que poderia ser tido como uma desvantagem, na verdade implica a virtual eliminação da possibilidade de improvisações, o que encarecem significativamente o preço de uma construção²¹.

Por se tratar de um método preciso, a alvenaria estrutural pode ser vantajosa também no que diz respeito ao número de profissionais envolvidos na execução, uma vez que um mesmo profissional pode desenvolver diferentes especialidades ao

¹⁹ RAMALHO, Marcio. A; CORRÊA, Marcio R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003, p.11.

²⁰ Idem, 2003, p.11

²¹ Idem, 2003, p.11

contrário das estruturas em concreto armado, nas quais é necessário um profissional para cada setor de trabalho.

Segundo Ramalho e Corrêa, “Deixam de ser necessários, profissionais como armadores e carpinteiros”²².

Outro fator relevante para a adoção do sistema é a redução de tempo gasto para a execução das obras e no caso da utilização de lajes pré-moldadas o ritmo da obra estará desvinculado do tempo de cura que deve ser respeitado no caso das peças de concreto armado. Portanto, é possível afirmar que a alvenaria estrutural pode trazer diversos benefícios à construção civil, tratando-se de um método confiável, seguro e economicamente viável.

2.7 - Fatores condicionantes à sua utilização

Mesmo apresentando vantagens de grande relevância, não se pode deixar de citar alguns fatores que podem limitar o uso da alvenaria estrutural em relação às estruturas convencionais em concreto armado.

Por ser formado de paredes autoportantes, devem ser evitadas mudanças no layout arquitetônico para não ocorrer o comprometimento da estrutura, gerando uma dificuldade de adaptação da estrutura a um novo uso. Estudos realizados demonstram que ao longo de sua vida útil uma edificação tende a sofrer mudanças para se adaptar as novas necessidades de seus usuários. Neste sistema isso não só é inconveniente como tecnicamente impossível na grande maioria dos casos.

Segundo Ramalho e Corrêa, “Fazendo as paredes parte da estrutura, obviamente não existe a possibilidade de adaptações significativas no arranjo arquitetônico. Em algumas situações isso se torna um problema bastante sério”²³.

²² Idem, 2003, p.11

²³ RAMALHO, Marcio. A; CORRÊA, Marcio R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003, p.11.

Outro fator condicionante a utilização da alvenaria estrutural diz respeito às interferências que possam ser originadas entre projetos de arquitetura, estruturas e instalações, pois não é recomendável a realização de perfurações posteriores.

A Interferência é muito grande quando se trata de uma obra em alvenaria estrutural. A manutenção do módulo afeta de forma direta o projeto arquitetônico e a impossibilidade de se furar paredes, sem um controle cuidadoso desses furos, condicionam de forma marcante os projetos de instalações elétricas e hidráulicas²⁴.

Neste sistema a necessidade de mão de obra qualificada é essencial, pois é necessário um bom conhecimento do uso dos instrumentos adequados para execução da mesma. É necessário que haja um treinamento de toda equipe para que possa atingir bons resultados. Segundo Ramalho e Corrêa “a alvenaria estrutural exige uma mão de obra qualificada e apta a fazer uso de instrumentos adequados para sua execução. Isso significa um treinamento prévio da equipe contratada para sua execução”²⁵.

Executar uma obra em alvenaria estrutural requer certo cuidado, conhecimentos técnicos e estudos para que se possa analisar a melhor concepção para tal empreendimento e os melhores materiais a serem utilizados, para que o método apresente resultados satisfatórios ao empreendedor e a seus usuários, que constitui a parte mais interessada, uma vez, que a eficiência do método já foi comprovada e apesar de apresentar algumas características particulares, apresenta-se como uma solução para atender a um mercado que requer agilidade e segurança.

2.8 Análise estrutural para cargas Verticais

As cargas a serem levadas em consideração em edifícios de alvenaria estrutural dependem da utilização a que se destina o edifício, fazendo-se necessário

²⁴ Idem, 2003, p.12

²⁵ RAMALHO, Marcio. A; CORRÊA, Marcio R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003, p.12.

também à análise de certos fatores que são considerados condicionantes ao bom desempenho da estrutura, que serão descritos a seguir:

Durante a concepção dos projetos em alvenaria estrutural devem ser definidas quais paredes serão consideradas estruturais, ou seja, quais terão função de suporte das cargas verticais através da concepção de uma planta básica, as quais são nomeadas de acordo com a disposição das paredes, podendo ser classificadas como transversais; celulares ou caracterizar um sistema complexo.

As paredes transversais são utilizadas em edifícios de planta retangular e alongada, as paredes externas não são estruturais e devem permitir a colocação de caixilhos, as lajes são armadas em uma direção, de forma que se apoiem sobre as paredes estruturais, como ilustra a figura 2.3.

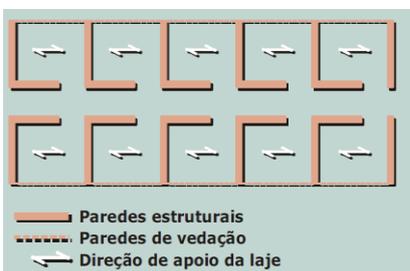


Figura 2.3: Sistema estrutural em paredes transversais (RAMALHO)

No caso das paredes celulares todas as paredes são estruturais de forma a permitir que as lajes sejam armadas nas duas direções, podendo-se apoiar em todo seu contorno, geralmente são utilizados em plantas de edifícios em geral (figura 2.4).

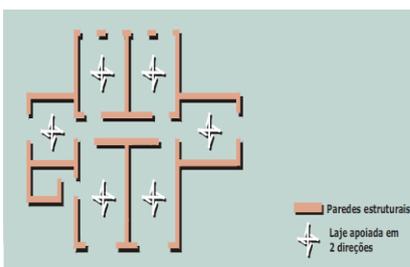


Figura 2.4: Sistema em paredes celulares (RAMALHO)

O sistema complexo por sua vez consiste na utilização dos dois tipos anteriores levando-se em conta o fato de que uma edificação pode apresentar a

necessidade de painéis não estruturais, apesar de que a estrutura tende a apresentar uma rigidez maior quando todas as paredes são estruturais (figura 2.5).

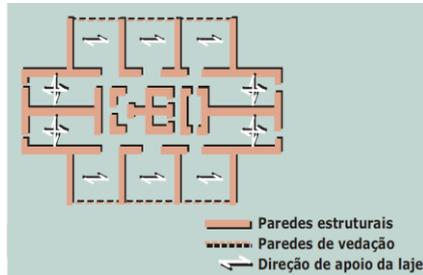


Figura 2.5: Sistema complexo (RAMALHO)

Outro fator relevante é a perfeita interação entre as paredes, realizada partindo-se do princípio da ocorrência das transmissões de esforços entre si, desde que para isso ocorra à interseção entre as mesmas de modo que quando se aplica um carregamento vertical sobre uma parte de seu comprimento haja um espalhamento dessa carga ao longo de sua altura, sendo que esse aspecto também pode ser analisado nos cantos no caso das amarrações realizadas intercalando-se blocos numa e em outra direção, ou seja, sem a existência de juntas a prumo, o que ocorre devido à semelhança com a própria parede plana. Isso explica a semelhança entre os comportamentos nas duas regiões, porém a carga só será espalhada se existirem forças de interação, e não havendo a distribuição das cargas a uniformização das cargas não acontecerá.

Numa parede de alvenaria, quando se coloca um carregamento localizado sobre apenas uma parte de seu comprimento, tende a haver um espalhamento dessa carga ao longo de sua altura. Se esse espalhamento pode ser observado em parede em paredes planas, é de se supor que também possa ocorrer em cantos e bordas, especialmente quando a amarração é realizada intercalando-se blocos numa e noutra direção, ou seja, sem a existência de juntas a prumo. Isso se dá porque um canto assim executado guarda muita semelhança com a própria parede plana, devendo ser, portanto o seu comportamento também semelhante²⁶.

Numa parede de alvenaria autoportante as aberturas podem significar a interrupção de um elemento, portanto estas devem ser consideradas como uma

²⁶ RAMALHO, Marcio. A; CORRÊA, Marcio R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003, p.28.

sequência de paredes independentes, ocasionando também uma interação entre estes elementos independentes.

Geralmente as cargas verticais tendem a apresentar valores diferentes em determinados pontos, no que diz respeito às paredes internas a tendência é receber carregamentos superiores aos que as paredes externas estarão submetidas, porém não é recomendado que seja utilizado em um mesmo pavimento, blocos com resistências diferentes, para evitar danos a segurança da edificação, uma vez, que os blocos não possuem especificações de resistência, o que facilita a confusão entre eles podendo-se utilizar blocos de resistências inferiores a que se deseja em paredes mais solicitadas e vice e versa.

Seria muito perigosa uma troca de resistência, fazendo com que uma parede que necessitasse de um bloco mais resistente fosse construída com menos resistente e vice-versa. Isso porque normalmente não possuem nenhuma indicação explícita dessa resistência, podendo ser facilmente confundidas²⁷.

Portanto durante a concepção do projeto deve-se estar atento ao critério de uniformização de cargas verticais com a finalidade de garantir os benefícios a que se propõe, e caso isso não ocorra além de não serem satisfatórios os resultados, pode ocorrer o comprometimento da segurança do empreendimento.

2.9 Análise estrutural para cargas horizontais

São ações que devem ser levadas em consideração durante a concepção do projeto, e geralmente são causadas pela ação dos ventos e o desaprumo, podendo também ocorrer empuxos desequilibrados do solo e em casos de regiões propensas a abalos sísmicos e geralmente são resistidas através das paredes de contraventamento. Paredes de contraventamento recebem tensões verticais e mais tensões horizontais no topo e na base.

²⁷ Idem, 2003, p.30.

A parede de contraventamento é descrita pela ABNT, como “toda parede resistente que se destina à absorção de forças horizontais e verticais, quer provenientes de ações externas, quer provenientes de efeitos de segunda ordem”²⁸.

Nas paredes que não sejam de contraventamento, deve-se prever uma ligação entre a laje e a parede que permita o deslocamento relativo entre esses dois elementos. Quando se inicia a análise das cargas horizontais algumas ações que devem ser consideradas, como as do vento, desaprumos e sismos.

Considera-se que as ações dos ventos são normais a sua direção, e transmitem as ações às lajes dos pavimentos, que é considerada como um diafragma rígido que distribuem aos painéis de contraventamento e as transmitem as fundações, para tal, faz-se necessário que as ligações laje/ parede, seja capaz de resistir aos esforços de corte nas interfaces, como ilustra a figura a seguir:

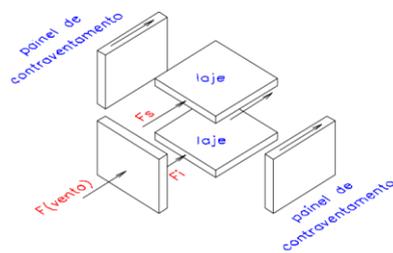


Figura 2.6: Atuação do vento (RAMALHO)

O desaprumo causa uma deformação que gera uma força horizontal que deve ser somada a ação do vento. A prescrição do desaprumo é feita tomando-se por base a norma alemã DIN 1053- Alvenaria: Cálculo execução, sendo que o ângulo desse desaprumo é tomado em função da altura da edificação, e no caso dos sismos também se faz necessário uma atenção especial dependendo da área em que se deseja aplicar o empreendimento.

A distribuição das cargas horizontais pode ser realizada sem a consideração das abas, porém se estas forem analisadas podem trazer benefícios à estrutura, como uma melhor distribuição das ações.

²⁸ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 10837- **Calculo de Alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro, 1989, p.2.

Para a correta consideração da rigidez dos painéis de contraventamento é recomendável que se leve em conta a contribuição das abas ou flanges, que são trechos das paredes transversais ligados e solidários ao painel, de forma a alterar de forma significativa sua rigidez²⁹.

É importante estar atento à interação adequada entre as paredes e as abas, uma vez que se não forem executadas corretamente, torna-se inviável a consideração das abas.

Neste capítulo foram apresentados os conceitos fundamentais do sistema em alvenaria estrutural, suas características distintas, vantagens relacionadas a fatores técnicos e econômicos, bem como inconvenientes que ainda condicionam sua utilização. Buscamos evidenciar a eficiência do método em relação às questões de segurança e estabilidade condicionadas ao emprego correto dos materiais e execução correta do projeto elaborado e fatores importantes que devem ser levados em conta durante a concepção do projeto. Foram discutidos os diferentes comportamentos adquiridos pela estrutura em relação às ações verticais e horizontais, os principais sistemas utilizados nas paredes e suas respectivas definições.

Nos capítulos seguintes serão abordados os tipos de fundações adequados à implantação da alvenaria estrutural, os solos mais indicados a serem utilizadas e as possíveis patologias decorrentes de erros de execução e recalques.

²⁹ RAMALHO, Marcio. A; CORRÊA, Marcio R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003, p.48.

3. INTERAÇÃO SOLO- ESTRUTURA

Diante dos problemas decorrentes de movimento de fundações, seria interessante que se pudessem estabelecer limites aceitáveis a tais movimentos, para tanto se faz necessário um aprofundamento das características da interação entre o solo e o elemento de fundação. A ABNT denomina como interação solo-estrutura, “mecanismos de análise estrutural que consideram a deformabilidade das fundações juntamente com a superestrutura³⁰”.

Uma perfeita comunicação entre os elementos estruturais e o solo sobre o qual estes se apoiam caracteriza-se como fator condicionante e de vital importância ao bom desempenho de um empreendimento.

3.1 Importância

Ao se dar início a concepção de um projeto para uma edificação, primeiramente recomenda-se que conheça as características do terreno onde esta será implantada, através de investigações e conhecimentos geotécnicos do local. Com a finalidade de se conhecer particularidades e características do solo apresentado pela região e o sistema de fundações que melhor se adéqua ao local. Para que este seja compatível com o empreendimento em questão o solo que sustenta o elemento de fundação deve apresentar características resistentes que suportem suas solicitações, de forma a não sofrer deformações que venham a comprometer sua segurança.

Na verdade não há um tipo de solo mais adequado, o correto seria uma fundação compatível às características do terreno. Dentre os diversos tipos de solos que podem ser encontrados os que apresentam melhores comportamentos as possíveis deformações e suportam maiores cargas geralmente são as areias compactas a muito compactas e argilas rijas e duras, sendo estes indicados como

³⁰ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 6122- **Projeto de fundações**. Rio de Janeiro, 2010, p.8.

solos de boa qualidade para a implantação de fundações, portanto, ao se projetar o sistema de fundações deve-se ter em mente as cargas a que estarão expostas, visto que, cada tipo de solo apresenta um comportamento diferente em relação às solicitações.

Todo projeto de fundações contempla as cargas aplicadas pela obra e a resposta do solo a estas solicitações. Os solos são muito distintos entre si e respondem de maneira variável, por isto, toda experiência transmitida pelas gerações de construtores sempre se relaciona ao tipo de solo existente³¹.

Quando se pretende construir utilizando o método em alvenaria estrutural deve-se atentar ao fato de que as paredes são partes constituintes da estrutura, ao contrário da estrutura em concreto armado nas quais as paredes apresentam apenas função de vedação e separação de ambientes, no caso das paredes autoportantes deformações provindas do sistema de fundações pode comprometer toda a estrutura.

Estudos realizados no âmbito da construção em alvenaria estrutural vêm alcançando muitos avanços ao longo dos anos, porém, ainda necessita de aprimoramentos que auxiliem na conquista de resultados mais precisos em relação à interação solo-estrutura, pois no que diz respeito ao dimensionamento estrutural das fundações considera-se que grande parte dos engenheiros estruturais baseiam-se na hipótese de apoios totalmente rígidos para as condições de vinculação de edifícios, fato decorrente da dificuldade que existia no passado de se considerar fundações sobre base elástica. E apesar de já ser possível dispor de análises mais reais, devido aos avanços tecnológicos, a utilização do método simplificado ainda é constante e quando se considera essa hipótese é comum à ocorrência de possíveis distorções nos esforços obtidos para a estrutura, além disso, pode também levar a um superdimensionamento estrutural dos elementos.

A consideração de apoios elásticos pode trazer benefícios estruturais e econômicos, fator relevante quando se opta pela utilização do sistema em alvenaria estrutural.

[...] a utilização de metodologias mais criteriosas, que consideram o solo como base elástica, levando se em conta os efeitos provocados pela interação solo- estrutura, faz com que a análise estrutural da edificação seja

³¹ HACHICH, Waldemar et al. **Fundação: teoria e prática**.2.ed. São Paulo: Pini, 1998, p.54.

estimada de maneira mais precisa, levando a vantagens econômicas, de segurança e de confiabilidade da estrutura³².

Dentre os desafios da construção em alvenaria autoportante, a correta escolha do sistema de fundações apresenta-se como fator condicionante ao bom desempenho das atividades requeridas de uma edificação, sendo que se for corretamente dimensionada e executada, podem conferir benefícios diversos ao método durante sua vida útil.

Alguns fatores devem ser levados em consideração quando se realiza o estudo de características geotécnicas e geológicas de determinada região, como a capacidade de carga desse solo que diz respeito aos parâmetros de resistência do solo, capacidade resistente de determinado maciço de solo, portanto, para sapatas idênticas em solos diferentes a capacidades de carga não será a mesma. Outro fator a ser considerado é a tensão admissível que é a tensão aplicada ao solo de forma a provocar recalques que possam ser suportados pela estrutura. Quando se aplica uma carga em um elemento, gera em torno deste um campo de tensões que diminuem à medida que se afasta do ponto de aplicação da carga.

De acordo com Hachich, “Essas tensões são calculadas a partir de equações da teoria da elasticidade, nas quais a hipótese fundamental é a existência de uma relação constante entre as tensões e as deformações ocorrentes”³³.

A interação solo-estrutura tem como objetivo a determinação dos movimentos reais da estrutura de fundação, nas quais são determinadas as pressões de contato, para então realizar o dimensionamento estrutural da fundação.

[...] as características das cargas é o fator mais importante na definição das pressões de contato. Em segundo lugar, vem a rigidez da fundação, que quanto mais flexível a fundação, mais as pressões de contato refletirão no carregamento. A resistência ao cisalhamento do solo determina as pressões máximas. Segundo a teoria da elasticidade, com o aumento da carga as pressões nos bordos se mantêm constante e há um aumento de pressão no centro da fundação³⁴.

³² FREITAS, Ivo Emiliano Braga de. **Comportamento e projeto de fundações superficiais em edifícios de alvenaria estrutural**. 2010.73p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, universidade federal do Ceará, Fortaleza, 2010, p.2.

³³ HACHICH, Waldemar et al. **Fundação: teoria e prática**. São Paulo: Pini.2 edição, 1998, p.241.

³⁴ FREITAS, Ivo Emiliano Braga de. **Comportamento e projeto de fundações superficiais em edifícios de alvenaria estrutural**. 2010.73p. Monografia (Bacharelado e Engenharia civil). Faculdade de engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010, p.26.

A combinação das fundações funciona como mecanismo importante na busca pelo aumento da rigidez desta, visto que uma fundação mais rígida implicará em recalques mais uniformes, que são menos prejudiciais a estrutura.

3.2 Fundações

Quando iniciamos uma obra é necessário ter conhecimento do tipo de solo, para que seja possível a escolha do melhor tipo de fundação a ser utilizada, pois a mesma é responsável por transmitir todas as cargas das estruturas.

De acordo com Azeredo, “fundações são os elementos estruturais com função de transmitir as cargas da estrutura ao terreno onde ela se apoia³⁵”. Desta forma, as fundações devem dispor de resistência adequada, de modo a suportar as tensões provocadas pelos esforços solicitantes e, além disso, existe no solo uma grande necessidade de resistência e rigidez apropriadas, para que não haja ruptura e não apresente deformações exageradas e diferenciais.

Segundo Caputo, “o estudo de toda fundação compreende preliminarmente duas partes essencialmente distintas que são: Cálculo das cargas atuantes sobre a fundação e o estudo do terreno”³⁶.

Com esses dados, passa-se à escolha do tipo de fundação, tendo-se presente que:

- a) As cargas da estrutura devem ser transmitidas às camadas de terreno capazes de suportá-las sem ruptura;
- b) As deformações das camadas de solo subjacente às fundações devem ser compatíveis com as da estrutura;
- c) A execução das fundações não devem causar danos às estruturas vizinhas;

³⁵ AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício e sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977, p.29.

³⁶ CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6, ed. Rio janeiro: LTC- Livros técnicos e científicos, 2003, p. 169.

d) Ao lado do aspecto técnico, a escolha do tipo de fundação deve atentar também para o aspecto econômico.

As fundações se classificam em fundações superficiais e fundações profundas.

De acordo com a ABNT, “fundações superficiais (rasa ou direta) é o elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação e fundação profunda é o elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assentada em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0m. Nesse tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões³⁷”.

Como pode ser visto na tabela do anexo E, as fundações possuem várias classificações, as quais serão descritas as fundações diretas ou rasas, que é o objetivo de nosso estudo.

3.2.1 Blocos

Os blocos são um tipo de fundações utilizado, quando existe uma pequena atuação de cargas. Segundo a norma brasileira ABNT, “bloco é um elemento de fundação superficial de concreto, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura³⁸”.

³⁷ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 6122- **Projeto de fundações**. Rio de Janeiro, 2010, p.3.

³⁸ Idem, 2010, p.2.

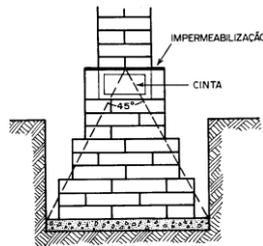


Figura 3.1: Bloco em alvenaria de tijolos (HACHICH)

3.2.2 Sapatas

São elementos de concreto armado, que possui altura menor do que os blocos e tem como função dar apoio a toda estrutura.

De acordo com Caputo, sapatas “são fundações de concreto armado e de pequena altura em relação às dimensões da base”³⁹. São “semiflexíveis”. Ao contrário dos blocos, que trabalham a compressão simples, as sapatas trabalham a flexão. Quanto à forma, elas são usualmente de base quadrada, retangular, circular ou octogonal.

3.2.3 Sapatas corrida

A Sapata corrida consiste em um tipo de fundação rasa contínua, que recebe as cargas das estruturas e as transmite ao solo de maneira uniforme.

Segundo Freitas, “sapata corrida é uma fundação superficial, que transfere ao solo o carregamento das paredes do edifício de alvenaria estrutural com uma carga na forma uniformemente distribuída. Distribuindo melhor o carregamento e aliviando as tensões no solo”⁴⁰.

³⁹ CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**.6.ed. Rio janeiro: LTC- Livros técnicos e científicos, 2003, p. 174.

⁴⁰FREITAS, Ivo Emiliano Braga de. **Comportamento e projeto de fundações superficiais em edifícios de alvenaria estrutural**. 2010.73p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). Faculdade de engenharia civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010, p.18.

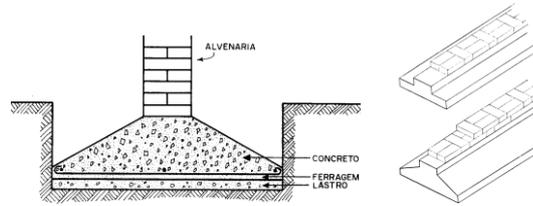


Figura 3.2: Sapata corrida (FREITAS)

3.2.4 Sapatas isoladas

Sapatas isoladas são fundações utilizadas como apoio direto para os pilares e que possuem sua base em várias formas.

Braga aplica a sapata isolada a seguinte definição:

Sapata isolada é um elemento de concreto armado dimensionado de tal maneira que as tensões de tração geradas não sejam resistidas pelo concreto, mas sim pelo uso do aço. A base apresenta-se, geralmente, em planta, de forma quadrada, retangular ou trapezoidal⁴¹.

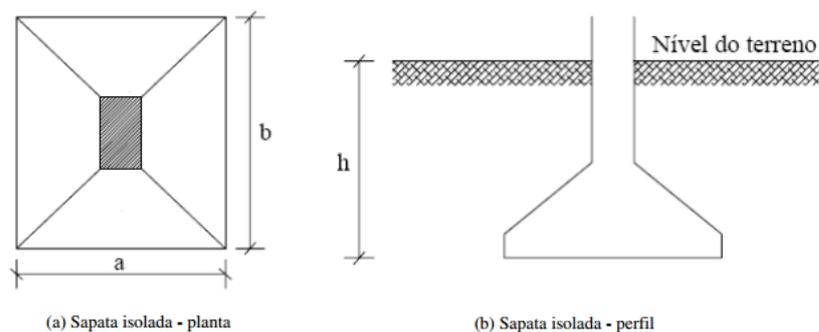


Figura 3.3: Sapata isolada (HACHICH)

3.2.5 Sapata associada

Fundações de sapatas associadas são utilizadas quando não é possível fazer o uso de sapatas isoladas, por estarem muito próximas uma das outras.

⁴¹BRAGA, Victor Diego de França. **Estudos dos tipos de fundações de edifícios de múltiplos pavimentos na região metropolitana de fortaleza**. Monografia (Bacharelado em engenharia civil) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009, p.10.

Corresponde a uma sapata comum a vários pilares cujos centros de gravidade não estejam situados no mesmo alinhamento.

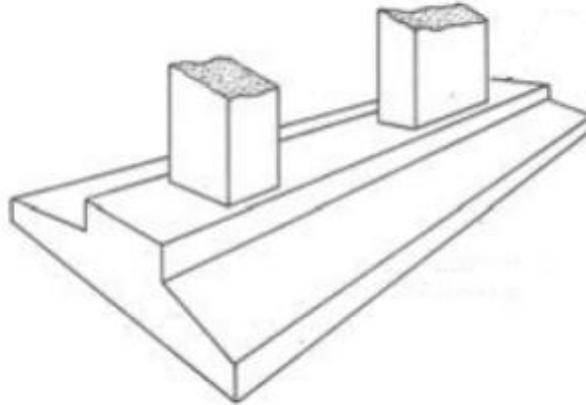


Figura 3.4: Sapata associada (HACHICH)

3.2.6 Sapata alavancada

Utilizada com frequência em locais onde existe a necessidade do uso de pilar de divisa, a sapata alavancada tem como função receber cargas de um ou dois pilares, e transmitir de forma centrada às mesmas às fundações.

De acordo Bastos, sapata alavancada é um elemento estrutural que recebe as cargas de um ou dois pilares (ou pontos de carga) e é dimensionada de modo a transmiti-las centradas às fundações. “Da utilização de viga de equilíbrio resultam cargas nas fundações diferentes das cargas dos pilares nelas atuantes”⁴².

É comum em pilar de divisa onde o momento fletor resultante da excentricidade da ação com a reação da base deve ser resistido pela “viga de equilíbrio” (VE).

⁴² BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Sapatas de fundação**. São Paulo, 2012. (Apostila)

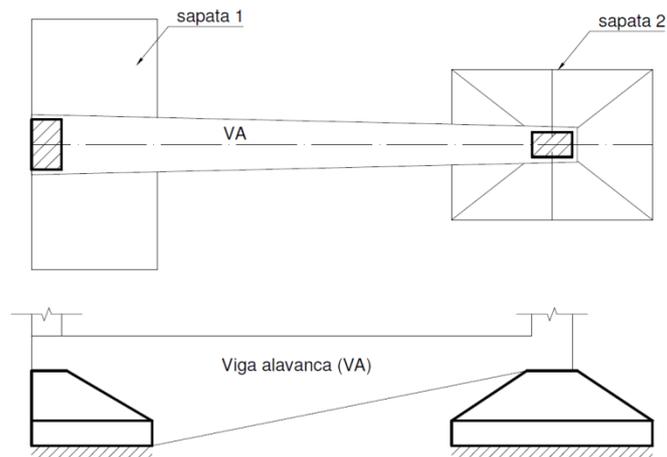


Figura 3.5: Sapata alavancada (HACHICH)

3.2.7 Radier

O radier consiste em fundação superficial, que pode ser executada em concreto armado ou protendido, cuja função é receber todas as cargas das edificações e distribuí-las de forma uniforme ao solo. De acordo com Freitas, “o radier é um tipo de estrutura de fundação superficial, executada em concreto armado ou protendido, que recebe todas as suas cargas através de pilares ou alvenarias de edificação (alvenaria estrutural), distribuindo – as de forma uniforme ao solo⁴³”.

O emprego da fundação tipo radier, ocorre em situações onde o solo tem baixa capacidade de carga, quando se deseja uniformizar os recalques e em áreas onde as sapatas se aproximam umas das outras ou quando a áreas destas for maior que a metade da área de construção.

⁴³FREITAS, Ivo Emiliano Braga de. **Comportamento e projeto de fundações superficiais em edifícios de alvenaria estrutural**. 2010.73p. Monografia (Bacharelado em engenharia civil). Faculdade de engenharia civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010, p.20.

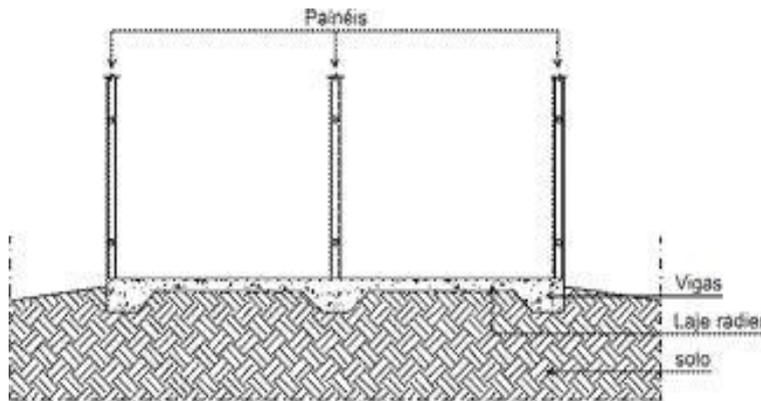


Figura 3.6: Radier (FREITAS)

3.3 Escolha do tipo de Fundação

A boa escolha de uma fundação consiste em obter bons resultados no que diz respeito à qualidade e o comportamento de uma determinada fundação. Essa escolha deve ser feita de modo que a fundação consiga de melhor forma conciliar os aspectos técnicos e econômicos de cada obra.

Segundo Alonso, “a escolha de uma fundação para uma determinada construção só deve ser feita após constatar que a mesma satisfaz às condições técnicas e econômicas da obra em apreço”⁴⁴. O uso incorreto de uma determinada fundação pode representar custo altíssimo de recuperação e pode até mesmo causar o colapso da estrutura.

Para que a escolha de uma fundação seja a melhor possível, alguns elementos devem ser levados em consideração:

Proximidade dos edifícios limítrofes bem como seu tipo de fundação e estado da mesma. Natureza e características do subsolo no local da obra. Grandeza das cargas a serem transmitidas à fundação. Limitação dos tipos de fundações existentes no mercado⁴⁵.

⁴⁴ ALONSO, Urbano Rodriguez. **Exercícios de fundações**. São Paulo: Blucher, 1983, p.115.

⁴⁵ Idem, 1983, p.115

Dependendo das características do empreendimento, este pode exigir um tipo de fundação específico, em outros casos que permitem uma variedade de tipos que possam ser utilizadas, a escolha do tipo de fundação deve ser realizada analisando fatores como menor custo e menor tempo de execução.

4. CONSEQUÊNCIAS E MÉTODOS PREVENTIVOS

Estabelecer parâmetros a serem seguidos constitui uma etapa interessante no desenvolvimento de qualquer atividade, seja no ramo da construção civil ou qualquer outra área de atuação, portanto, quando se aprofunda conhecimentos em determinado setor se torna possível um maior entendimento da relevância que cada ação pode representar a estrutura.

4.1 Definições de Patologias

Ao longo dos anos a construção civil vem apresentando um crescimento acelerado. Como consequência desta evolução houve a necessidade de inovações e junto com essas inovações seus possíveis riscos. Mesmo tendo em vista todos os possíveis riscos resultantes do processo de adaptação das novas tecnologias, tudo foi acontecendo de forma bem natural e com isto foi possível obter mais conhecimento nas áreas de estruturas e materiais, possibilitando estudos que auxiliem na determinação de erros que eram responsáveis por acidentes precoces e deterioração das estruturas.

Desde os primórdios da civilização que o homem tem se preocupado com a construção de estruturas adaptadas às suas necessidades, sejam elas habitacionais (casas e edifícios), laborais (escritórios, indústrias, silos, galpões, etc.) ou de infra-estrutura (pontes, cais, barragens, metrô, aquedutos, etc.). Com isto a humanidade acumulou um grande acervo científico ao longo dos séculos, o que permitiu o desenvolvimento da tecnologia da construção, abrangendo a concepção, o cálculo, a análise e o detalhamento das estruturas, a tecnologia de materiais e as respectivas técnicas construtivas⁴⁶.

Existem diversas causas para o aparecimento da deterioração, desde o envelhecimento natural da estrutura até os acidentes, e até mesmo a falta de preparo de alguns profissionais.

⁴⁶SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998, p.13.

De acordo com Souza, “objetivamente, as causas de deterioração podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento “natural” da estrutura até os acidentes, e até mesmo a irresponsabilidade de alguns profissionais que optam pela utilização de materiais fora das especificações, na maioria das vezes por alegar razões econômicas”⁴⁷.

Existe uma parte da Medicina que estuda as doenças, pensando assim resolveram denominar o estudo dessas deteriorações como Patologia das Estruturas. Designa-se genericamente por “Patologia das estruturas” esse novo campo da engenharia das construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência de falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

Conhecer as patologias possíveis de uma edificação é de suma importância para todos aqueles que de certa forma estão interagindo com a construção civil.

De acordo com Corsini, “as fissuras são um tipo comum de patologia nas edificações e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da obra. Além disso, segundo o mesmo autor, as fissuras podem surgir na fase de projetos (arquitetônico, estrutural, de fundação, de instalação), de execução da alvenaria, dos vários sistemas de acabamentos e inclusive na fase de utilização, por mau uso da unidade”⁴⁸.

Existem causas comuns responsáveis pelo aparecimento de patologias. Oliveira cita como possíveis causas:

Deficiência na avaliação da resistência do solo; má definição das cargas atuantes ou da combinação mais desfavorável das mesmas; deficiência no cálculo da estrutura; detalhamento insuficiente ou errado dos projetos; falta de compatibilidade entre os projetos, principalmente entre o estrutural e o arquitetônico; especificação inadequada de materiais; não capacitação profissional da mão de obra; inexistência de controle de qualidade de execução; má qualidade de materiais e componentes⁴⁹.

⁴⁷ Idem, 1998, p.14,

⁴⁸ CORSINI, R. Trincas ou fissuras?, 2010. Artigo- Revista técnica. Disponível em: <HTTPS://www.Revistatécnica.com.br/engenharia-civil/160/30-ou-fissura-como-se-origina-quais-os-tipos-179241-1.asp>, acesso em: 08/11/2013.

⁴⁹ OLIVEIRA, Alexandre Magno de. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Monografia. (Bacharelado em engenharia civil). Faculdade de engenharia. Universidade, Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012, p.80.

Alguns elementos ajudam a diagnosticar a origem das fissuras. De acordo com o Caderno técnico a configuração da fissura, abertura, espaçamento e, se possível a época de ocorrência, se ocorreu após anos, semanas, ou mesmo algumas horas da execução, podem servir como elementos para diagnosticar sua origem.

4.2 Recalques

Como foi apresentada anteriormente, a perfeita interação entre o elemento de fundação e o solo é de grande importância ao bom desempenho do método em alvenaria estrutural, visto que a falta dessa boa comunicação pode acarretar deformações que podem prejudicar de forma significativa o empreendimento em questão. Uma consequência dessa falta de interação pode ser o aparecimento de recalques não previstos, dando origem a patologias que dependendo da intensidade podem não apresentar soluções viáveis, técnicas ou econômicas.

Quando se aplica um carregamento a uma fundação, a tendência é que a estrutura sofra um adensamento que pode ser da ordem de milímetros ou atingir valores mais elevados, fato que leva ao descarte da hipótese de apoios totalmente rígidos, esse adensamento é denominado recalque. Segundo a ABNT “Recalque é o movimento vertical descendente de um elemento estrutural. Quando o movimento for ascendente denomina-se levantamento⁵⁰”.

Os recalques geralmente são provenientes de deformações do solo adjacente, é considerado um dos principais causadores de patologias em edificações e em alguns casos podem levar ao colapso total das mesmas. Está presente em todas as edificações, porém até certo ponto não origina problemas que possam comprometer significativamente a estrutura.

Parte do deslocamento vertical tende a ocorrer imediatamente ao se carregar à fundação e outra parte ocorrerá com o passar dos anos, sendo que o recalque que

⁵⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 6122- **Projeto de fundações**. Rio de Janeiro, 2010, p.3.

ocorre imediatamente é titulado como imediato ou instantâneo e o que ocorre ao longo dos anos é chamado recalque devido à fluência (adensamento mais compressão secundária). A soma destes da origem ao recalque total.

No caso de um solo homogêneo que apresenta elementos de fundação com mesmas formas e com mesmos carregamentos o recalque pode ocorrer de forma uniforme, porém, as diferenças nas características do solo causam alterações em sua compressibilidade que podem ser analisadas de elemento para elemento de fundação, fazendo com que estes recalquem de maneira desigual. Se a estrutura sofrer grandes recalques que apresentem mesma ordem em todos os elementos constituintes da fundação é um fato que pode ser admitido, uma vez, que a maior preocupação são os recalques diferenciais.

Recalque total ou uniforme acontece quando todos os pontos apresentam os mesmos valores para os recalques, este não causaria danos à estrutura, porém, na maioria das vezes os adensamentos ocorrem de maneira desigual entre os elementos de fundação, dando origem aos recalques diferenciais.

Teoricamente, uma estrutura que sofresse recalques uniformes não sofreria danos, mesmo para valores exagerados do recalque total. Na prática, no entanto, a ocorrência de recalque uniforme não acontece, havendo sempre recalques diferenciais decorrentes de algum tipo de excentricidade de cargas, ou heterogeneidade do solo⁵¹.

Recalque diferencial diz respeito à diferença entre os recalques de dois pontos, caracteriza-se como principal causador de fissuras em edificações. Geralmente, os deslocamentos de uma fundação não são uniformes, pois há pontos que recalcam mais que outros.

Segundo Caputo, [...] “os recalques diferenciais são os que provocam nas estruturas esforços adicionais, por vezes bastante comprometedores à sua própria estabilidade. Tais recalques, quando inadmissíveis, se evidenciam pelos desnivelamentos de pisos, trincas e desaprumo da construção”⁵².

Não existem normas que fixem valores para recalques admissíveis, ou seja, que não são prejudiciais à obra, independente de suas causas.

⁵¹ HACHICH, Waldemar et al. **Fundação: teoria e prática**. 2. Ed. São Paulo: Pini. 1998, p.262.

⁵² CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6..ed.Rio janeiro: LTC- Livros técnicos e científicos, 2003, p.358.

Atualmente já é possível dimensionar fundações sem problemas de recalques significativos ao longo do tempo, mas ainda não se consegue prevê-los de forma absoluta.

[...] ainda não é possível prever com total exatidão os recalque absolutos que irão ocorrer numa fundação. Por outro lado, não existe recalque zero, e fundações projetadas para ter recalque bem próximo de zero implicariam custo proibitivos, inviabilizando a maioria dos empreendimentos⁵³.

Para garantia da correta execução da obra é necessário que ocorra o acompanhamento da mesma, a utilização de técnicas e materiais adequados, além do conhecimento das características do solo.

4.3 Causas de recalques

Existem diversas causas responsáveis pelos recalques que ocorrem nas estruturas. Quando ocorrem alterações dos valores das pressões, em consequência do aumento do peso específico do solo, dá origem ao recalque devido ao rebaixamento do lençol freático. Segundo Ribeiro, caso haja presença de solos compressíveis, pode ocorrer redução das pressões neutras, independente da aplicação de carregamentos externos⁵⁴.

Existem solos que quando entram em contato direto com a água, sua cimentação intergranular é destruída provocando um colapso do solo.

Solos colapsáveis e expansivos— Para o primeiro, solos de elevadas porosidades, quando entram em contato com a água, ocorre à destruição da cimentação intergranular, resultando um colapso súbito deste solo. Para o segundo, a presença do argilo— Mineral montmorilonita condiciona a expansão (ou retração) do solo quando da variação do seu grau de saturação⁵⁵.

Outra origem de recalque é a presença de movimentos próximos de locais onde exista uma fundação.

⁵³ MARCELLI, Mauricio. **Sinistros da construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007, p.37.

⁵⁴ RIBEIRO, Evandro de Carvalho. Recalque de Fundação. 2012. Notas de aula- Universidade Federal do Piauí. 2012, p.3.

⁵⁵ Idem, 2012, p.3

De acordo com Ribeiro, “escavações em áreas adjacentes à fundação (túneis, trincheiras, etc.) – em alguns casos, mesmo perante existência de contenções, podem ocorrer movimentos, ocasionando recalques nas edificações vizinhas”⁵⁶.

Existem vibrações ocasionadas pelo manuseio de equipamentos que podem ocasionar recalques nas estruturas. De acordo com Ribeiro, “vibrações – oriundas da operação de equipamentos como: bate-estacas, rolos compactadores vibratórios, tráfego viário, explosões, etc”⁵⁷.

Além das origens citadas anteriormente os recalques também podem ser originados por raízes de árvores existentes próximas ao imóvel, à medida que estas vão crescendo podem atingir uma região que afeta a estrutura de fundação deste imóvel. Segundo Ribeiro, “o crescimento de árvores em solos argilosos”⁵⁸, pode ocasionar recalques não previstos.

Como visto, os recalques podem ser advindos de diversos fatores e suas previsões são consideradas um dos exercícios mais difíceis da geotecnia e geralmente os resultados são tomados como estimativas, independente da sofisticação dos métodos aplicados para sua determinação.

4.4 Métodos de previsão de recalques e ações nas estruturas

A previsão de recalques pode ser dividido em racionais, semi-empíricos e empíricos.

As previsões através de métodos racionais são aquelas nas quais os parâmetros de deformabilidade do solo são adquiridos em laboratórios ou em ensaios in situ. São combinados a modelos de previsão de recalque teoricamente exatos.

⁵⁶ Idem, 2012, p.3

⁵⁷ RIBEIRO, Evandro de Carvalho. **Recalque de Fundação**. 2012. Notas de aula- Universidade Federal do Piauí. 2012, p.3.

⁵⁸ Idem, 2012, p.3

Os métodos semi-empíricos são baseados em correções. Segundo Freitas, “tais parâmetros são obtidos através de ensaios in situ, de penetração tipo CPT, SPT e também são combinados a modelos de previsão de recalque teoricamente exatos”⁵⁹.

Já nos métodos empíricos a previsão é realizada com base na descrição do terreno, nos quais se utilizam tabelas de valores de tensão admissível, onde essas tensões estão associadas aos recalques usualmente aceitos.

Os principais efeitos dos recalques nas estruturas são os danos arquitetônicos, que dizem respeito à estética da construção, os danos estruturais relacionados à estrutura propriamente dita como o comprometimento das condições de segurança e estabilidade do imóvel, e existem também os danos funcionais, que afetam as condições de utilização da construção como o comprometimento das instalações de água, esgoto, escadas, rampas e o desgaste excessivo de elevadores devido ao desaprumo da estrutura. Por outro lado os recalques diferenciais originam deformações que podem comprometer significativamente a estabilidade e segurança da estrutura, originando patologias que podem ser irreversíveis.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a idade do empreendimento e as datas de origem da patologia, pois em edificações recentes o aparecimento de trincas pode ser proveniente de incompatibilidade entre o solo e o elemento de fundação.

Se for edificação antiga sem histórico sério de trincas no passado, devemos verificar possíveis eventos fortuitos ou não, que possam ter desencadeado o processo de recalque, como vazamentos em tubulações hidráulicas enterradas, obras novas nas proximidades, escavações, interferências de árvores próximas, rebaixamento do lençol freático, vibrações devido a cravação de estacas, etc⁶⁰.

Uma maneira de se evitar o aparecimento de fissuras e trincas seria o correto estudo das características geotécnicas do solo da região, para o correto

⁵⁹ FREITAS, Ivo Emiliano Braga de. **Comportamento e projeto de fundações superficiais em edifícios de alvenaria estrutural**. 2010.73p. Monografia (Bacharelado em engenharia). Faculdade de engenharia civil, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2010, p.13.

⁶⁰ MARCELLI, Mauricio. **Sinistros da construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007, p.145.

dimensionamento do elemento de fundação, fazendo com que esta seja compatível com as condições do terreno.

4.5 Fissuras na alvenaria

As fissuras caracterizam-se como principal ocorrência patológica em alvenarias e pode ser originadas de diversos fatores, sendo o recalque diferencial o agente mais comum a sua aparição. Segundo Bauer, “A identificação das fissuras e de suas características é de vital importância para a definição do tratamento adequado para a recuperação da alvenaria⁶¹”.

A ocorrência de fissuras em alvenaria vem sendo tomada como fonte de pesquisas para diversos estudiosos, visto que constituem um estado patológico bastante comum.

A cerâmica, o concreto e as demais matérias-primas utilizadas na fabricação de blocos e tijolos são materiais frágeis e que apresentam baixa resistência à tração. O mesmo pode ser dito com relação à argamassa de assentamento comumente empregada. Logo, a alvenaria, sendo um conjunto de blocos ou tijolos unidos por juntas de argamassa também podem apresentar tais características. Além disso, as interfaces entre as unidades e a argamassa constituem superfícies bastante suscetíveis à separação, uma vez que a resistência à tração nesses locais é muito pequena. [...]⁶²

As fissuras na alvenaria podem ser provenientes de efeitos externos, mudanças volumétricas dos materiais e interação com outros elementos estruturais, sendo que neste trabalho serão abordadas as patologias causadas por falhas na interação entre o solo e a fundação, que originam os recalques.

Dentre os problemas patológicos geradores de fissuras o mais grave é o recalque diferencial em fundações e quando ocorre à evolução desse tipo de fissura certamente é possível que haja algum problema mais sério, que com o passar do tempo pode comprometer de forma significativa o elemento de fundação.

⁶¹ BAUER, Roberto José Falcão. Caderno técnico alvenaria estrutural: Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. **Revista Prisma**. São Paulo: Mandarim, v.5, p. 33-38, s.d.p. Disponível em: < [HTTP://www.revistaprisma.com.br/caderno/CT5_Prisma_20.pdf](http://www.revistaprisma.com.br/caderno/CT5_Prisma_20.pdf)>.

⁶² HOLANDA JUNIOR, Osvaldo Gomes De. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. 2002. 224p. Tese de doutorado (Doutor em engenharia civil) Escola de engenharia de São Carlos, universidade de São Paulo, São Carlos, 2002, p.4.

Segundo Holanda Junior, “As fissuras em alvenarias podem apresentar-se nas direções horizontal, diagonal e vertical ou uma combinação entre elas. Quando verticais ou diagonais elas podem ser retas, atravessando unidades ou juntas, ou podem ter um aspecto escalonado, passando apenas pelas juntas⁶³”.

A forma que as fissuras assumem é influenciada por vários fatores que incluem a rigidez relativa das juntas com relação às unidades, a presença de aberturas ou outros pontos de fragilidade, as restrições da parede e a causa da fissura. As configurações básicas das fissuras são mostradas na figura a seguir.

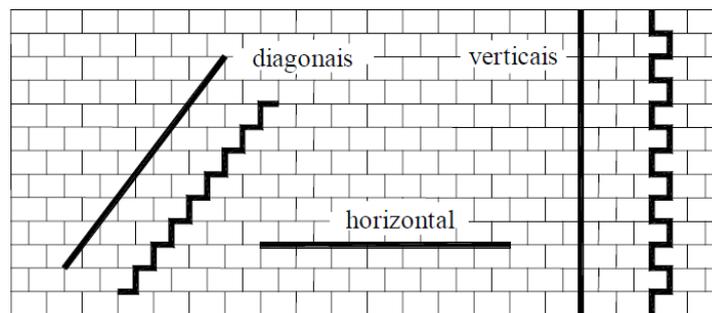


Figura 4.1: configurações básicas das fissuras. (HOLANDA JR)

Em paredes de alvenaria estrutural as fissuras mais comuns causadas por recalques são as diagonais e verticais estas sofrem variações ao longo do seu comprimento. Mesmo sendo difícil evitar o aparecimento de fissuras devido a recalques, se a movimentação da fundação puder ser prevista é possível que o projetista dimensione uma fundação suficientemente rígida de forma a acomodar os movimentos evitando as deformações.

Um fator capaz de influenciar no comportamento estrutural da parede pode ser movimentações nos aparelhos centrais da edificação.

Segundo Refati, “A movimentação diferenciada do apoio central gera elevadas tensões de cisalhamento próximas à extremidade e tensões de tração na

⁶³ HOLANDA JUNIOR, Osvaldo Gomes De. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. 2002. 224p. Tese de doutorado (Doutor em engenharia civil) Escola de engenharia de São Carlos, universidade de São Paulo, São Carlos, 2002, p.5.

base e próximos a laje”⁶⁴. As figuras a seguir exemplificam as fissuras causadas pelo recalque de fundações:

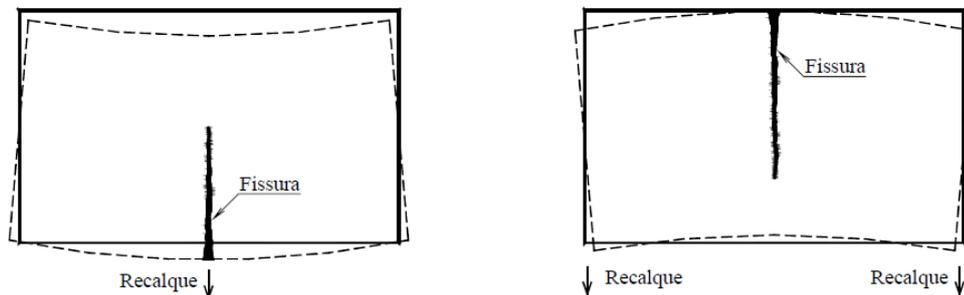


Figura 4.2: Fissuras devidas a recalques do apoio central (HOLANDA JR)

Outro ponto de concentração de fissura pode ser próximo às aberturas, fato decorrente da concentração de tensões nestes pontos, visto que estes locais apresentam uma maior fragilidade. De acordo com Sampaio, “para evitar seu aparecimento devem-se utilizar vergas e contravergas dimensionadas a suportar e redistribuir as concentrações de cargas”⁶⁵.

A figura a seguir ilustra a direção em que as fissuras se formam em relação ao ponto que apresenta maior recalque e as características adotadas por elas.

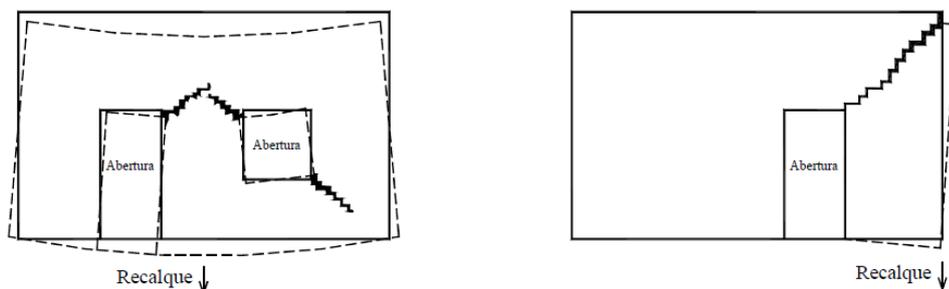


Figura 4.3: Fissuras próximas às aberturas causadas por recalques (HOLANDA JR, 2002)

⁶⁴ REFATI, Kassiana Kamila Pagnoncelli. **Inspeção em estruturas de alvenaria em blocos estruturais**. 2013, 93p. Monografia (Bacharelado em engenharia civil). Faculdade de engenharia civil, universidade tecnológica federal do Paraná, Pato Branco, 2013, p.87.

⁶⁵ SAMPAIO, Marliane Brito. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural**. 2010, 104p. Dissertação de mestrado (Mestre em engenharia Civil). Escola de engenharia de São Carlos da universidade de São Paulo, São Carlos, p.31.

As fissuras podem ser classificadas de acordo com a sua abertura. As microfissuras possuem abertura inferior a 0,05 mm, as aberturas com até 0,5mm são chamadas fissuras e, as maiores de 0,5 e menores de 1,0 mm são chamados de trincas.

4.6 Recalques na alvenaria

Várias tentativas já foram realizadas com o intuito de avaliar a influência da razão de recalques com o tempo na ocorrência de danos, porém os resultados ainda não podem ser considerados como satisfatórios.

Edifícios compostos por elementos estruturais de distribuição linear de esforços até as fundações tendem a suportar melhor as deformações causadas por recalques, ao contrário de estrutura em alvenaria autoportante nas quais as consequências devido a recalques podem gerar problemas mais graves.

Edifícios com estruturas em pórticos que sofrem a maior parcela de recalque durante a construção podem tolerar maiores recalques, uma vez que os elementos não estruturais, suscetíveis a danos arquitetônicos, normalmente são posicionados somente após a construção da estrutura. Porém, isto não ocorre em estruturas de alvenaria, pois os painéis, sujeitos a danos arquitetônicos, funcionais e estruturais, constituem a própria estrutura do edifício, não havendo intervalo de tempo para os recalques ocorrerem antes da sua colocação⁶⁶.

Devido às dificuldades de se evitar o aparecimento de fissuras causadas por recalques, estudiosos afirmam que o recalque admissível para uma fundação depende de seu tipo e uso, podendo os problemas provenientes dos recalques serem solucionados através da elaboração de projetos adequados a acomodação dos recalques diferenciais ou projetá-las de forma a evitar que eles ocorram, o que resultará em custos elevados, não atendendo ao propósito do método em alvenaria estrutural em relação a vantagens econômicas. As condições de serviço de uma edificação ainda são consideradas muito subjetivas, uma vez, que as características dos edifícios variam muito no que se refere à função, material, forma e detalhes de

⁶⁶ HOLANDA JUNIOR, Osvaldo Gomes De. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. 2002. 224p. Tese de doutorado (Doutor em engenharia civil) Escola de engenharia de São Carlos, universidade de São Paulo, São Carlos, 2002, p.9.

acabamento, portanto as formas simplificadas que são adotadas nos projetos demonstram que dificilmente os edifícios se comportam como o previsto.

[...] certa quantidade de fissuras é praticamente inevitável, dado que a obra deve ser econômica. Daí sua conclusão de que o problema de combate as consequência dos recalques frequentemente pode ser resolvido projetando o edifício para acomodar esses movimentos, e não para resisti-los⁶⁷.

Em sua tese de Mestrado Holanda jr, afirma que paredes estruturais não armadas submetidas a uma deformação de sua fundação com concavidade para cima constituem um caso de propagação de fissuras controladas, ou seja, o confinamento propiciado por essa concavidade impede a propagação indefinida dessas fissuras enquanto mantidas as ações externas, nesse caso as paredes tendem a manter uma configuração estável, fato que não ocorre quando a deformação da fundação apresenta concavidade para baixo, neste caso a propagação de fissuras pode não ser controlada, devendo-se adotar medidas para impedir a continuidade da fissuração, podendo esta levar a edificação à ruína.

Já foram realizados estudos com o intuito de sugerir valores aceitáveis de recalques diferenciais e totais limites, porém, tais valores não devem ser tomados como referência em casos de alvenaria estrutural, para este sistema os critérios são mais detalhistas.

Os valores não se aplicam aos prédios de alvenaria portante, para os quais os critérios serão mais rigorosos dependentes da relação L/H (comprimento/ altura) da construção e do modo de deformação previsto, com concavidade para baixo, mais grave, ou concavidade para cima⁶⁸.

Para alcançar resultados precisos em relação ao comportamento estrutural da alvenaria autoportante deve-se ter em mente que o sistema funciona como um conjunto de elementos dependentes entre si, portanto, se algum ponto sofre uma modificação estrutural isso implicará o comprometimento de todo resto da estrutura.

⁶⁷HOLANDA JUNIOR, Osvaldo Gomes De. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. 2002. 224p. Tese de doutorado (Doutor em engenharia civil) Escola de engenharia de São Carlos, universidade de São Paulo, São Carlos, 2002, p.10.

⁶⁸ HACHICH, Waldemar et AL. **Fundação: teoria e prática**. São Paulo: Pini.2 edição, 1998, p.262.

4.7 Fatores que influenciam nas ocorrências patológicas devidas a recalques

Os recalques podem ser provenientes de diversos fatores, dentre eles as acomodações de fundações em cortes e aterros, influência das tensões de fundações vizinhas, assentamento devido à heterogeneidade do solo, compactação diferenciada de aterros, rebaixamento do lençol freático, falhas de projeto entre outros motivos, que tendem a gerar fissuras que geralmente costumam localizar-se próximas ao ponto de maior recalque. As figuras a seguir são exemplos de fundações sobre aterros, rebaixamento do lençol freático e influências de fundações vizinhas.

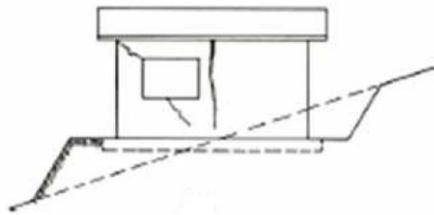


Figura 4.4: Execução de fundações sobre aterros (SAMPAIO)

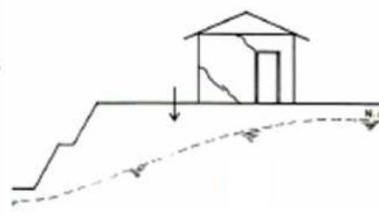


Figura 4.5: Rebaixamento do lençol freático (SAMPAIO)

Quando uma fundação é executada próxima à outra, normalmente os esforços de tensão a que estão submetidas podem gerar uma influência entre elas. Segundo Ribeiro, “quando uma fundação está próxima da outra, o bulbo de tensões desta interage com o da vizinha e vice-versa, o que denominamos de sobreposição de tensões”⁶⁹.

Nestes casos a influência de uma sobre a outra depende da distância entre elas e das cargas atuantes sobre cada uma, sendo que o recalque analisado de forma unitária apresenta menores valores do que se for considerada a interseção.

⁶⁹ RIBEIRO, Evandro de Carvalho. **Recalque de Fundação**. 2012. Notas de aula- Universidade Federal do Piauí. 2012, p.74.

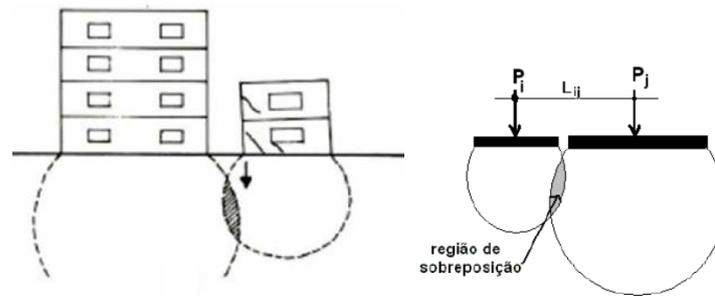


Figura 4.6: Influência de fundações vizinhas (SAMPAIO)

A ascensão das fissuras pode se prolongar ao longo dos pavimentos, fato decorrente de recalques mais intensos. Essas manifestações patológicas dependem da gravidade do recalque e do tipo de construção, podendo estes se repetirem nos outros pavimentos de forma tão intensa quanto no primeiro. Segundo Sampaio, “Quando o recalque ocorre de forma intensa às tensões de cisalhamento resultantes podem provocar esmagamentos localizados e em forma de escamas⁷⁰”.

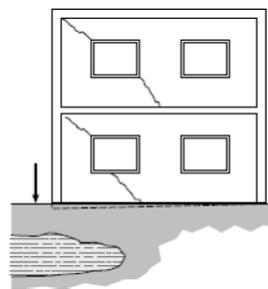


Figura 4.7: Ascensão de fissuras (SAMPAIO)

As consequências patológicas devidas a tais fatores podem ser minoradas com estudos que proporcionem um conhecimento prévio das origens e consequências oriundas de recalques diferenciais, auxiliando no desenvolvimento de projetos adequados aos locais onde se deseja realizar o empreendimento, facilitando possíveis correções e estabelecendo medidas preventivas ao aparecimento de tais eventos patológicos.

⁷⁰ SAMPAIO, Marliane Brito. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural**. 2010, 104p. Dissertação de mestrado (Mestre em engenharia Civil). Escola de engenharia de São Carlos da universidade de São Paulo, São Carlos, p.26.

4.8 Reforço e recuperação de estruturas

Antes de se realizar o reforço de uma estrutura em alvenaria autoportante, é necessário estar atento aos fatores responsáveis pelo aparecimento das patologias, com o intuito de determinar soluções que melhor se adequam aos eventos patológicos, o que deve ser realizado através de análises minuciosas das características do empreendimento, visto que no caso da alvenaria estrutural o reforço se torna ainda mais complexo, devido à rigidez apresentada pelas paredes estruturais à estrutura estará sempre exposta às solicitações da fundação.

[...] um dos pontos de grande importância que precisam ser bem estudados é exatamente a interação da estrutura de alvenaria estrutural com a estrutura de fundação. Por se tratar de um sistema estrutural com pequena ductilidade, a alvenaria sofre de forma notável a influência das estruturas sobre as quais ela se apoia. Assim quaisquer deslocamentos que porventura possam ocorrer nas fundações podem ocasionar danos significativos às paredes⁷¹.

Após a realização das análises e estudos necessários, o próximo passo será a identificação da melhor forma de se reforçar a estrutura de forma que esta volte a apresentar boas características de desempenho. A primeira fase de reabilitação de estruturas é constituída pela elaboração de um projeto de reforço.

Segundo Sampaio⁷², Durante esta fase de projeto se faz necessário a consideração de alguns fatores como:

- Restabelecimento das condições de segurança, quando necessário;
- Melhoramento das características mecânicas;
- Compatibilização entre as técnicas e materiais a serem utilizadas e as características da rigidez da construção e do funcionamento estrutural original;
- Durabilidade;

⁷¹HOLANDA JUNIOR, Osvaldo Gomes De. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. 2002. 224p. Tese de doutorado (Doutor em engenharia civil) Escola de engenharia de São Carlos, universidade de São Paulo, São Carlos, 2002, p.1.

⁷²SAMPAIO, Marliane Brito. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural**. 2010, 104p. Dissertação de mestrado (Mestre em engenharia Civil). Escola de engenharia de São Carlos da universidade de São Paulo, São Carlos, p. 32.

- Retratibilidade para que, caso haja necessidade da retirada desse material para a colocação de um novo, ele possa ser retirado sem prejudicar a estrutura anteriormente existente.

Os reforços estruturais podem ser realizados utilizando diversos materiais, que tem como objetivo reestabelecer as características resistentes dos elementos. Uma forma de estabelecer o reforço da estrutura seria a utilização de argamassa armada.

Sampaio denomina argamassa armada “como a aplicação de argamassa forte juntamente com uma tela de aço na superfície da alvenaria. Sua utilização traz como consequência a redução do índice de esbeltez, o aumento da resistência à compressão e as cargas transversais⁷³”.

Outro tipo de reforço estrutural pode ser a utilização de reboco armado, que consiste na colocação de uma armadura juntamente com a armadura de reforço fixada à parede simultaneamente com uma argamassa tradicional de revestimento. Sua utilização é indicada em casos extremos de degradação. Pode se realizar também a substituição de elementos degradados.

Sampaio caracteriza essa substituição como sendo o “desmonte e reconstrução do elemento degradado⁷⁴”.

O fechamento das juntas também representa uma solução viável ao reforço de estruturas em alvenarias. É realizada através da remoção parcial e substituição da argamassa por outra de maior durabilidade e com melhores propriedades mecânicas.

O grauteamento vertical, também pode auxiliar através de injeções do material em furos verticais ao longo da altura da parede, podendo ainda ser introduzidas barras de aço para aumentar a resistência à compressão, aos esforços de flexão e cisalhamento. Segundo Sampaio, “sua utilização é válida tanto para reforço e reabilitação quanto em obras novas⁷⁵”.

⁷³ Idem, 2010, p.32.

⁷⁴ Idem, 2010, p.32

⁷⁵ Idem, 2010, p.33

Existe ainda a protensão que é a inserção de barras de aço nos furos ao longo dos blocos da alvenaria, grauteados apenas na base para que possam deformar-se quando solicitados.

Outra solução seria adição de vigas e colunas de aço, que consiste na adição de elementos estruturais, tais como vigas e pilares, visando aumentar a resistência e rigidez da parede de alvenaria estrutural.

Existem casos onde é impossível a reabilitação ou reforço da estrutura de alvenaria, ou mesmo muito onerosa, mas é necessária a preservação arquitetônica e patrimonial. Para estes casos têm-se a opção de utilizar vigas e pilares de aço dispostos de forma a trabalhar como uma estrutura independente [...] ⁷⁶

Além de todos os reforços citados anteriormente, pode-se também realizar a aplicação de materiais polímeros reforçados com fibras de carbono, de vidro, entre outros, colados ao suporte com resinas de elevados desempenho. Os materiais apresentados constituem formas de recuperar as atividades estruturais quando estas são comprometidas por eventos patológicos.

4.9 Reforço de fundações

O reforço de uma fundação pode ser conceituado como uma intervenção no sistema solo-fundação existente, visando aumentar sua segurança. Tais reforços são necessários quando o elemento apresenta algum tipo de deficiência na fundação original.

Segundo Almeida e Nascimento, “o reforço de fundações se torna necessário em virtude do mau desempenho ou do aumento do carregamento por mudanças do tipo de uso da edificação, tornando as fundações existentes ineficientes” ⁷⁷.

O emprego de técnicas de reabilitação pode ser motivado por prejuízos devido à ocorrência de movimentos não previstos, aparecimento de danos ao nível

⁷⁶ Idem, 2010, p.34

⁷⁷ ALMEIDA, Leandro Araújo Sidrim Franco de; NASCIMENTO, Mário Cezar Mazzini. Desempenho de Fundações. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). Faculdade de engenharia, Universidade da Amazônia- UNAMA, Belém, Pará, 2007, p.37.

funcional e estrutural que podem ser provenientes de baixa capacidade resistente do solo em questão, má execução ou má qualidade dos materiais empregados, influências externas, interpretações erradas nas investigações geotécnicas seguidos da utilização de modelos inconvenientes, entre outros.

O tipo de reforço implantado depende das características especiais de cada caso, como o tipo de fundação existente, tipo de solo e o espaço físico. A seguir serão relatados alguns tipos de reforço empregados.

Uma alternativa de reforço é o reparo dos materiais, constituindo um problema tipicamente estrutural, o qual não possui ligação com a transferência de carga ao solo.

De acordo com Almeida e Nascimento, “Estes seriam os casos de, por exemplo, agressão ao concreto e corrosão das armaduras que compõem as sapatas”⁷⁸.

Pode ser realizado também o enrijecimento da estrutura através de implantação de vigas de rigidez interligando as fundações ou a introdução de peças capazes de gerar o travamento da estrutura.

Segundo Almeida e Nascimento esse tipo de reforço é implantado “quando é necessário a diminuição dos recalques diferenciais”⁷⁹.

Em casos em que a transferência de carga se dá através da superfície horizontal de contato com o solo, uma solução de reabilitação do elemento de fundação seria o aumento da área de apoio, constituída como a ampliação da sapata por meio do chumbamento de ferragens na peça existente, apicoamento de sua superfície e aplicação de resinas de forma a estabelecer uma ligação entre a parte existente e a parte implantada. Esses recursos são utilizados quando ocorre um aumento das cargas originais da estrutura.

A recuperação de uma fundação é um trabalho minucioso, que requer estudos apropriados, para que a técnica escolhida seja a melhor solução a ser implantada. Para tanto, é necessário saber se a estrutura esta apta a receber esses

⁷⁸ Idem, 2007, p.38.

⁷⁹ Idem, 2007, p.38.

novos apoios de forma a evitar problemas futuros. Para que seja satisfatória, a escolha deve ser realizada mediante a análise de fatores técnicos, econômicos e condições de execução e segurança, principalmente no que diz respeito ao acesso dos profissionais ao local de trabalho. Os itens citados anteriormente constituem fatores que devem ser levados em consideração durante a escolha da técnica a ser utilizada para o reforço de fundações.

5. CONCLUSÃO

Os constantes avanços no ramo da construção civil vêm alcançando grandes realizações, especialmente no que se refere a novas técnicas empregadas. Essas iniciativas tem a finalidade de melhorar o desempenho dos empreendimentos em geral. Junto a tais explorações as alvenarias autoportantes estão se tornando uma tendência, devido às vantagens que sua utilização pode gerar.

Apesar de ter sido descoberto a milhares de anos, a alvenaria perdeu seu espaço para as estruturas de concreto armado durante muito tempo, fato ocorrido por causa de deficiências em relação à mão de obra, materiais e projetos, visto que este apresenta algumas restrições, porém, atualmente já se é possível dispor de novas tecnologias que viabilizam sua utilização.

Contudo independente do sistema que se deseja utilizar, é imprescindível que este apresente uma boa comunicação com a estrutura de suporte (solo) para que possa desenvolver um bom desempenho durante sua vida útil, evitando deformações que implicam o aparecimento de patologias devidas a recalques diferenciais.

O estudo buscou evidenciar a importância de se realizar pesquisas prévias dos terrenos onde se pretende implantar um sistema de fundações, principalmente quando se utiliza o método em alvenaria autoportante, visto que esta apresenta uma maior sensibilidade aos movimentos provenientes do sistema de fundações e requer uma maior atenção, pois estão mais suscetíveis ao aparecimento de fissuras caracterizadas como patologias frequentes em estruturas, podendo estas ocasionar danos estéticos e desconforto dos usuários.

As manifestações patológicas podem ocorrer de forma instantânea ou ao longo do tempo, sendo que no caso de imóveis recentes o aparecimento de fissuras pode ser sinal de que a fundação utilizada não é adequada para o solo apresentado.

Em estruturas de alvenaria os tipos de fundações mais utilizados são as superficiais, especificamente sapata corrida e radier, uma vez que estas apresentarem uma transmissão de esforços ao solo de forma mais uniforme,

respeitando a tendência da distribuição uniforme de carga ao solo, visto que a alvenaria estrutural busca uma distribuição mais uniforme das tensões ao longo das paredes resistentes.

Em virtude dos efeitos originados, muitos estudos têm sido direcionados a estimar valores para os recalques, associando seus valores aos danos observados, porém, ainda não é possível estimar valores reais, as análises são realizadas com base em estimativas, que variam de acordo com o tipo de empreendimento que se deseja implantar.

Portanto, a melhor maneira de atenuar os efeitos danosos devidos a recalques seria a adoção perante análises prévias de sistemas de fundação que possam acomodar as deformações, ao invés de resisti-las, levando-se em consideração a ideia de que esse tipo de estrutura apresenta uma maior dificuldade de recuperação de danos estruturais.

Este trabalho teve por finalidade mostrar como os recalques podem influenciar o comportamento de estruturas em alvenaria estrutural em relação aos problemas decorrentes dos recalques. Foram apresentadas também algumas formas de reforço estrutural para reabilitação das alvenarias e das fundações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Exercícios de Fundações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1983. 201 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 15812-1-** Alvenaria estrutural: Blocos cerâmicos- Parte 1: Projetos. Rio de Janeiro, 2010, 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 10837-** Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, Rio de Janeiro, 2010, 20 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6122-** Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010, 91 p.

AZEREDO, Hélio Alves. **O edifício até sua cobertura**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 182 p.

BAUER, José Roberto Falcão. Caderno Técnico Alvenaria Estrutural: Patologias em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto. **Revista Prisma**. São Paulo: Mandarim, v.5, p.33-38, s.d.p. Disponível em: <http://www.revistaprisma.com.br/caderno/CT5_Prisma_20.pdf>.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Sapatas de Fundação**. São Paulo, 2012. (Apostila).

BRAGA, Victor Diego de França. **Estudo dos tipos de fundações de edifícios de múltiplos pavimentos na região metropolitana de Fortaleza**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Ceará. Fortaleza, 2009, 58p.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC- Livros técnicos e científicos, 2003. 498 p.

CORSINI, R. **Trinca ou fissura?** , 2010. Artigo - Revista Téchne. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-179241-1.asp>, acesso em 08/11/2013.

FREITAS, Ivo Emiliano Braga de. **Comportamento e projeto de fundações superficiais em edifícios de alvenaria estrutural**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010, 76p.

HACHICH, Waldemar ET AL, **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: pini, 2003, 751p.

HOLANDA JUNIOR, Osvaldo Gomes De. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. 2002. 224p. Tese de doutorado (Doutor em engenharia civil) Escola de engenharia de São Carlos, universidade de São Paulo, São Carlos, 2002, 224p.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na construção civil**. São Paulo: pini, 2007, 259 p.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michéle. **Estruturas de aço: Dimensionamento Prático**.6. Ed. Rio de Janeiro:LTC- Livros técnicos e científicos, 2000. 336 p.

OLIVEIRA, Alexandre Magno de. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Monografia (Bacharelado em engenharia civil). Faculdade de Engenharia, Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2012. 96p.

RAMALHO. Marcio A.; CORRÊA, Marcio R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003, 72 p.

REFATI, Kassiana Kamila Pagnocelli. **Inspeção em estruturas de alvenaria em blocos estruturais**. Monografia (Bacharelado em engenharia civil). Faculdade de engenharia, Universidade tecnológica federal do Paraná, Pato Branco, 2013, 93p.

RIBEIRO, Evandro de Carvalho. **Recalque de fundação**. 2012. Notas de aula - Universidade Federal do Piauí.

SAMPAIO, Marliane Brito. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural**. 2010, 104p. Dissertação de mestrado (Mestre em engenharia Civil). Escola de engenharia de São Carlos da universidade de São Paulo, São Carlos, 2010, 104p.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 257 p.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural: Metodologia do projeto detalhes mão de obra normas e ensaios**. São Paulo: Pini, 2010, 183p.

ANEXOS

Anexo A- Modulação 15- Largura 14cm

Anexo B- Modulação 20- Largura 14cm

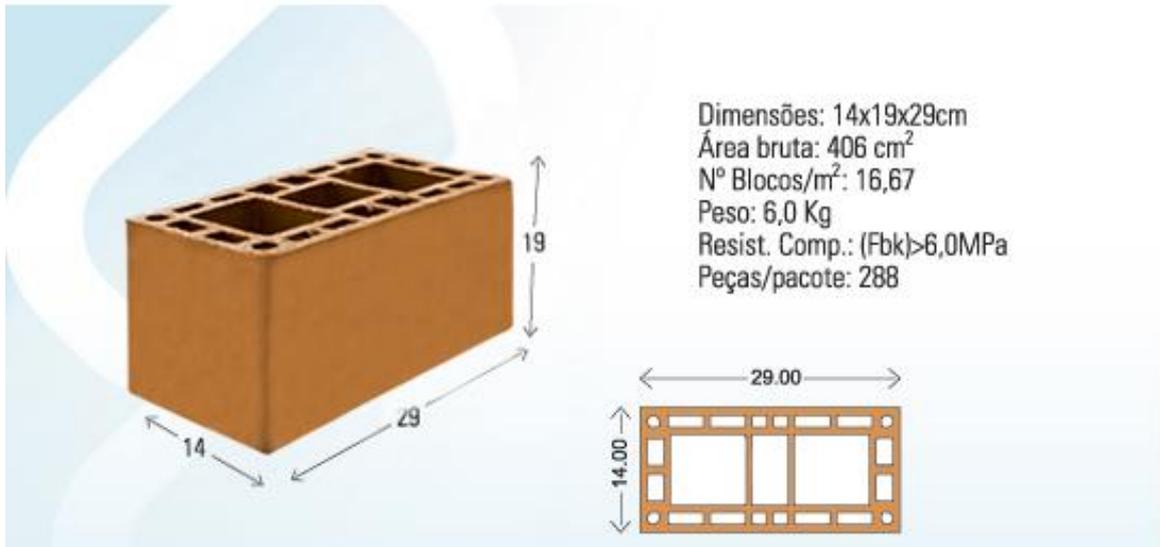
Anexo C- Modulação 20- Largura 19cm

Anexo D- Modulação 20- Largura 11,5 cm

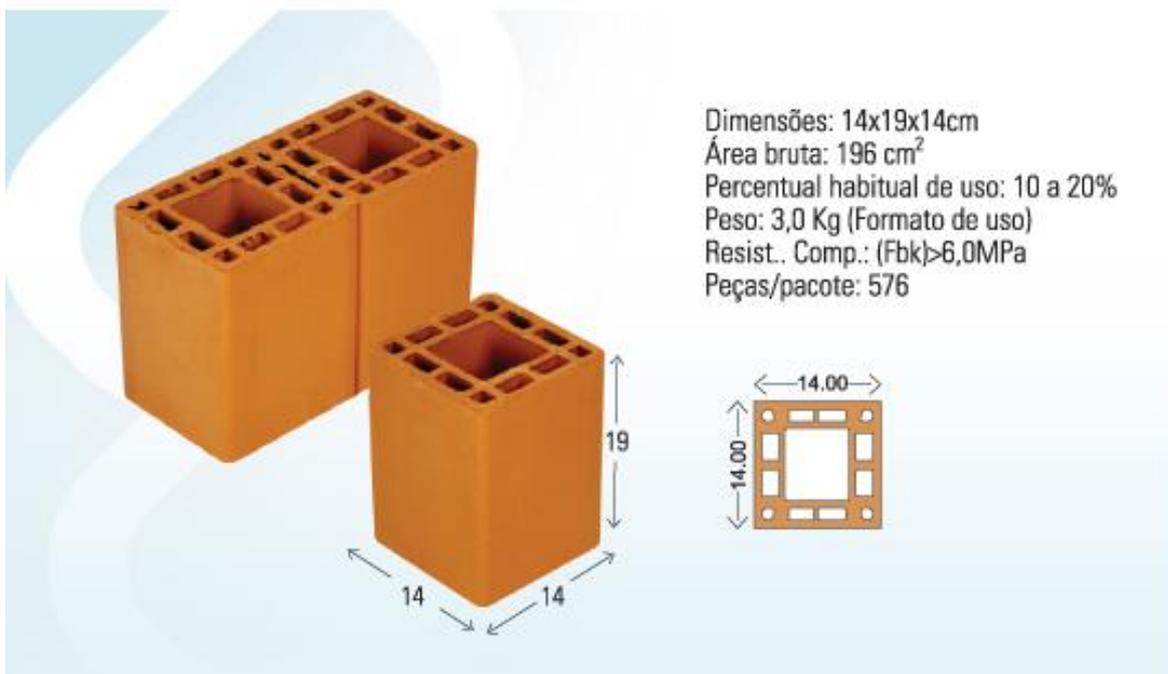
Anexo E- Tabela de classificação das fundações.

Anexo A - Modulação 15 – Largura 14cm

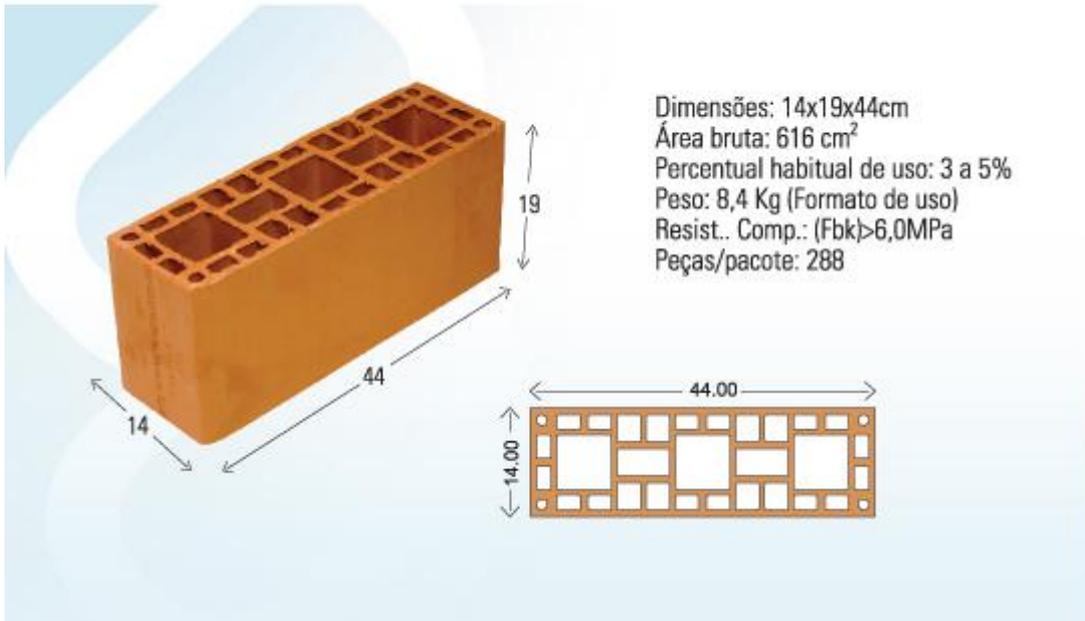
BE30 - Bloco Estrutural de 30cm



BE15 - Bloco Estrutural de 15cm - 1/2 Peça



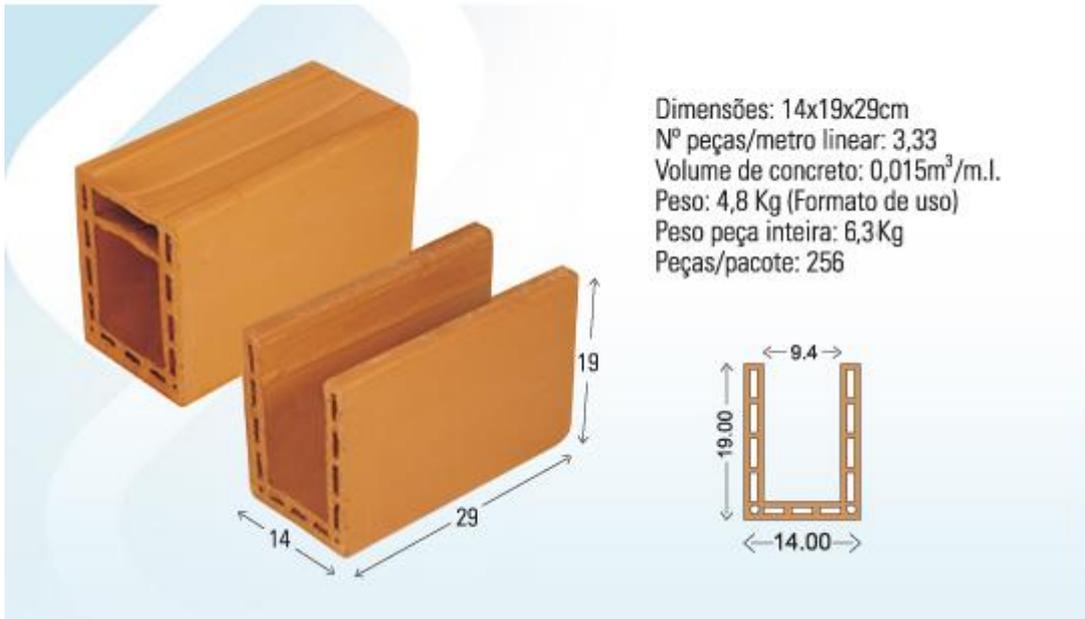
BE45 - Bloco Estrutural de 45cm - Peça p/ Amarração



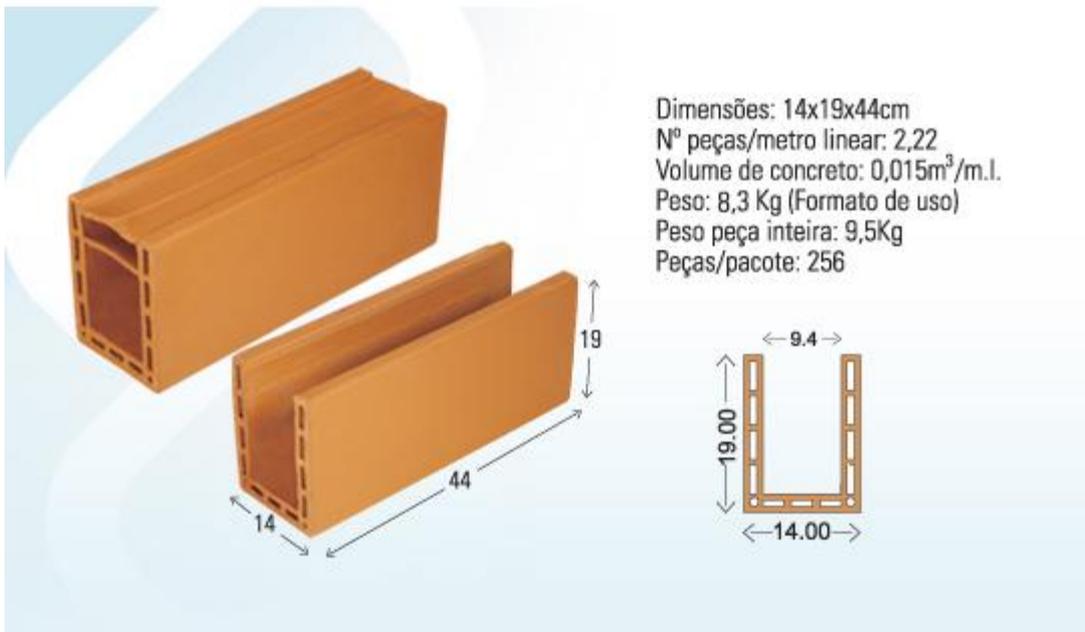
BC14/4 - Compensador de 4cm



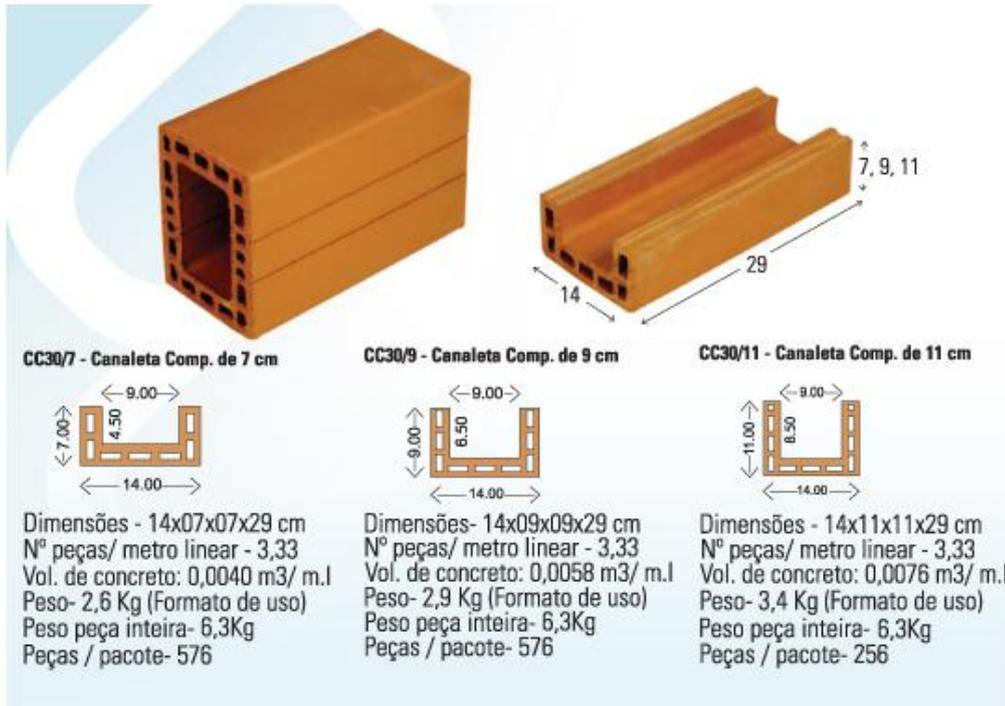
C30 - Canaleta de 30cm



C45 - Canaleta de 45cm

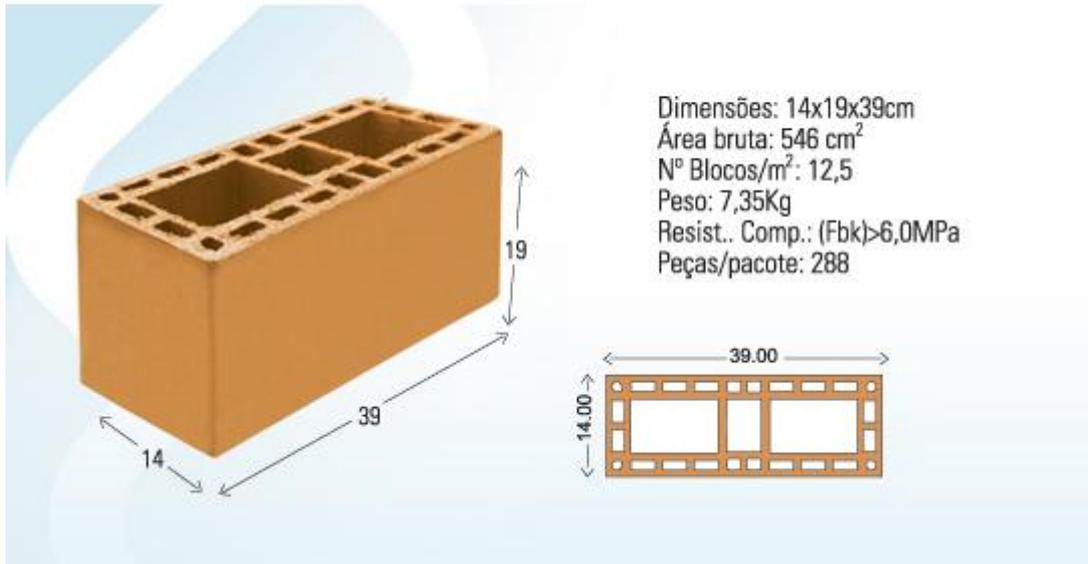


CC30 - Canaleta Compensador

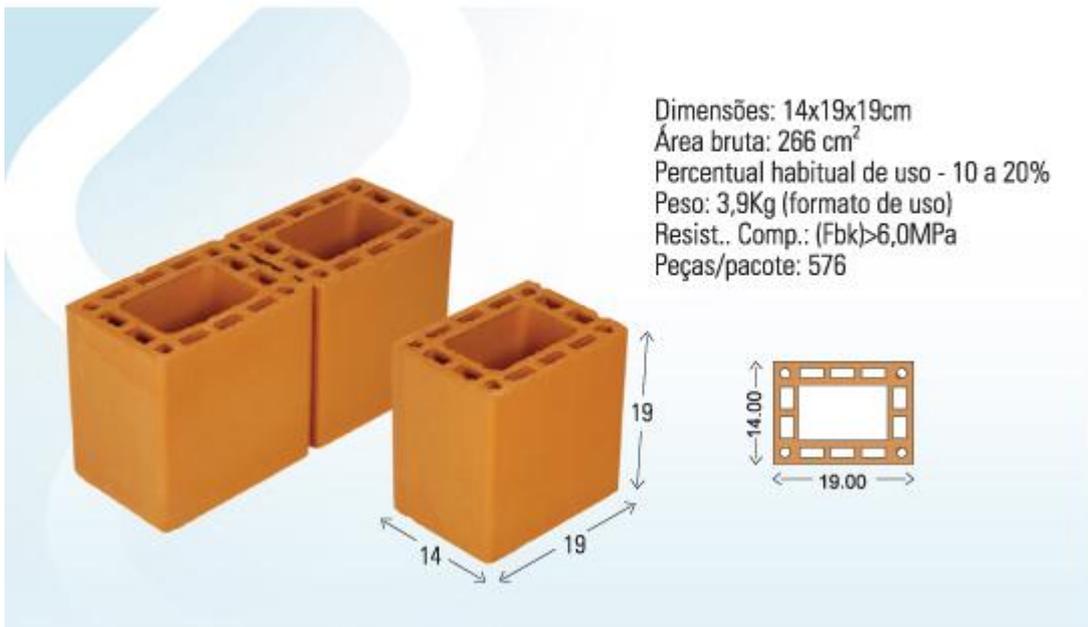


ANEXO B - Modulação de 20 – Largura 14cm

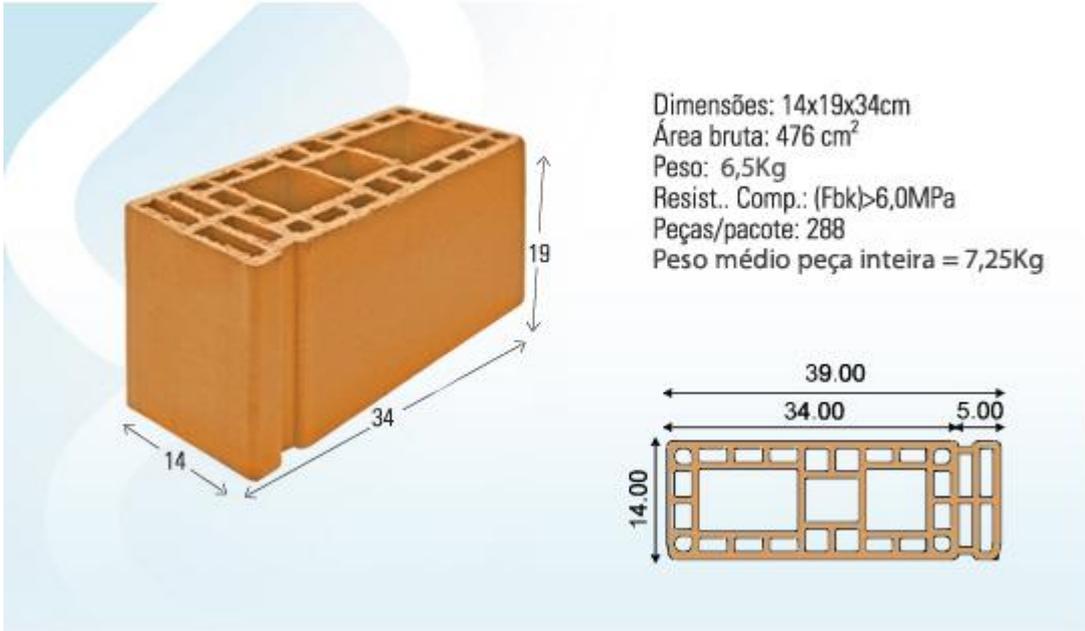
BE40 - Bloco Estrutural de 40cm



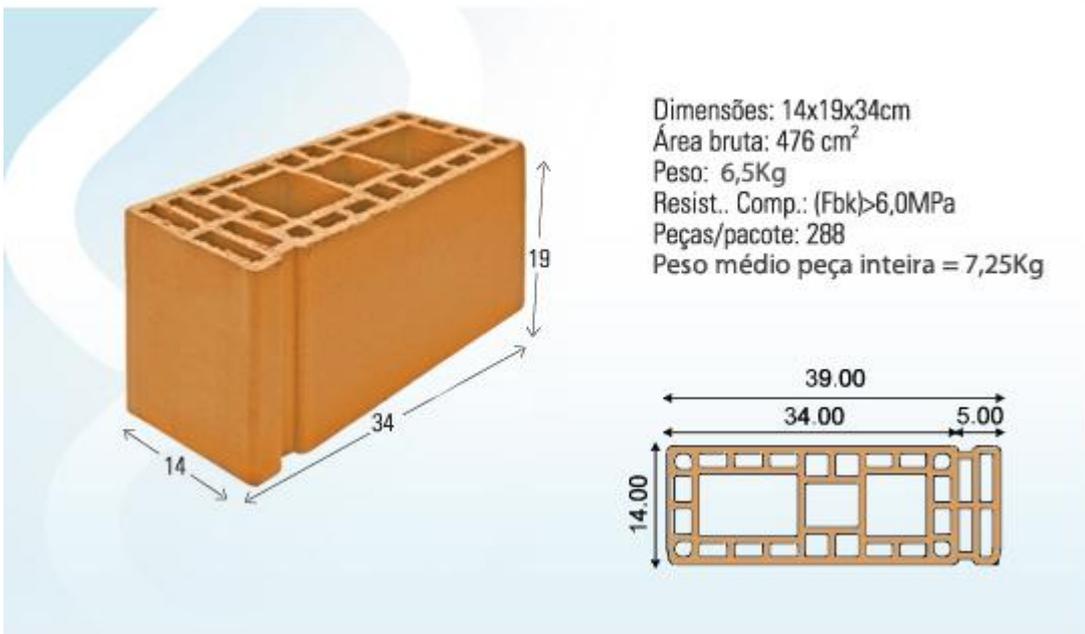
BE20 - Bloco Estrutural de 20cm - 1/2 Peça



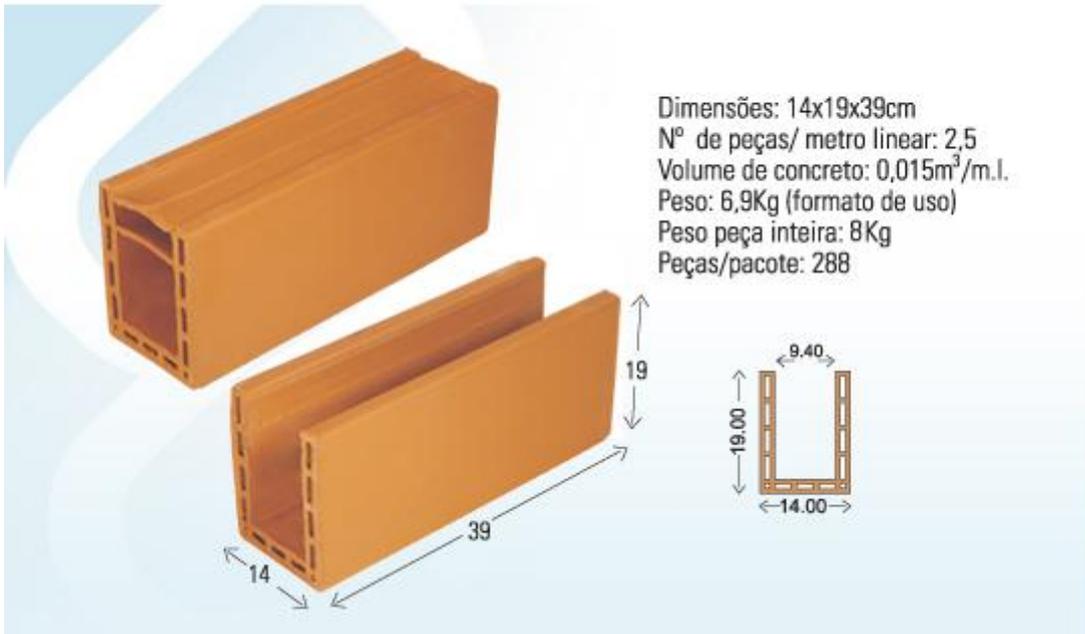
BE35 - Bloco Estrutural de 35cm - Pç p/ amarração



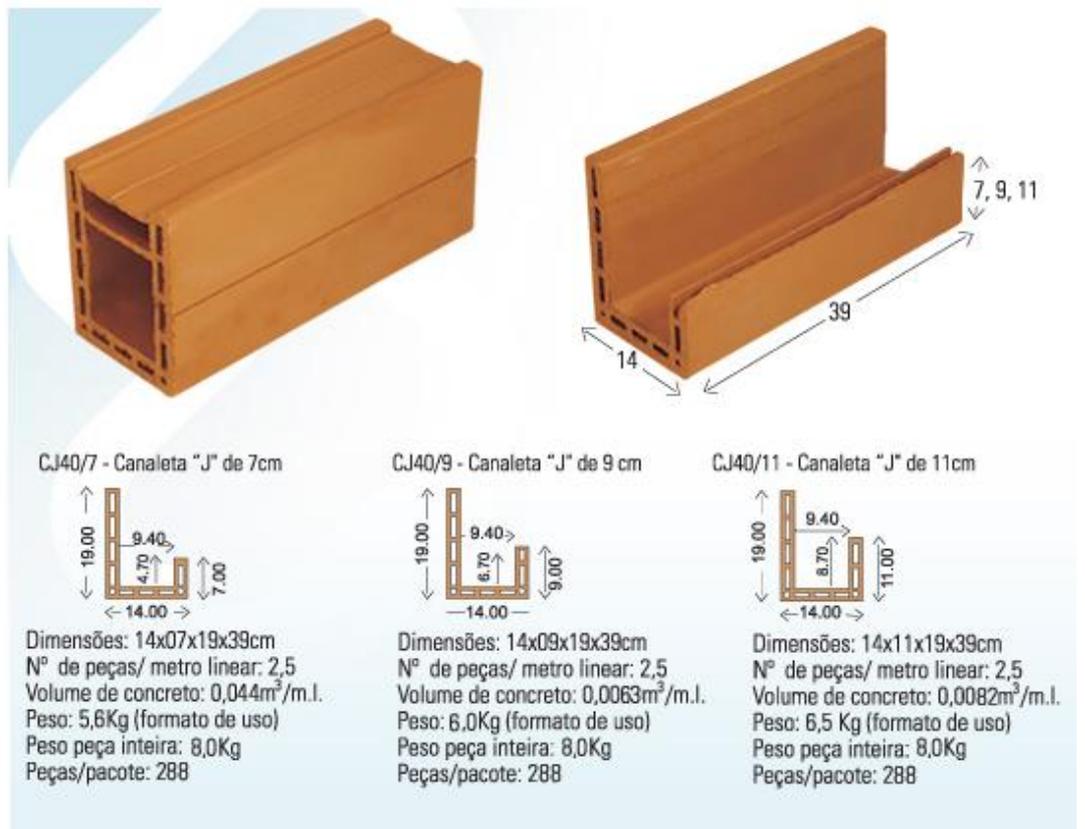
BE35 - Bloco Estrutural de 35cm - Pç p/ amarração



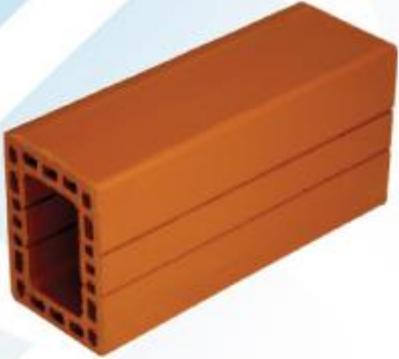
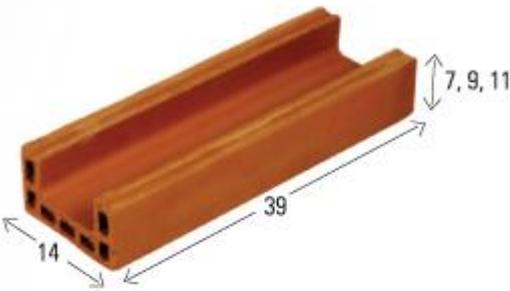
C40 - Canaleta de 40cm



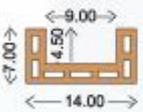
CJ40 - Canaleta "J"



CC40 - Canaleta Compensador

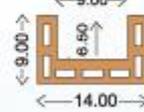



CC40/7 - Canaleta Comp. de 7 cm



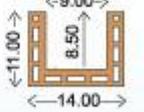
Dimensões: 14x07x07x39cm
 Nº de peças/ metro linear: 2,5
 Volume de concreto: 0,0040m³/m.l.
 Peso: 3,5Kg (formato de uso)
 Peso peça inteira: 8,0Kg
 Peças/pacote: 512

CC40/9 - Canaleta Comp. de 9 cm



Dimensões: 14x09x09x39cm
 Nº de peças/ metro linear: 2,5
 Volume de concreto: 0,0058m³/m.l.
 Peso: 3,9Kg (formato de uso)
 Peso peça inteira: 8,0Kg
 Peças/pacote: 512

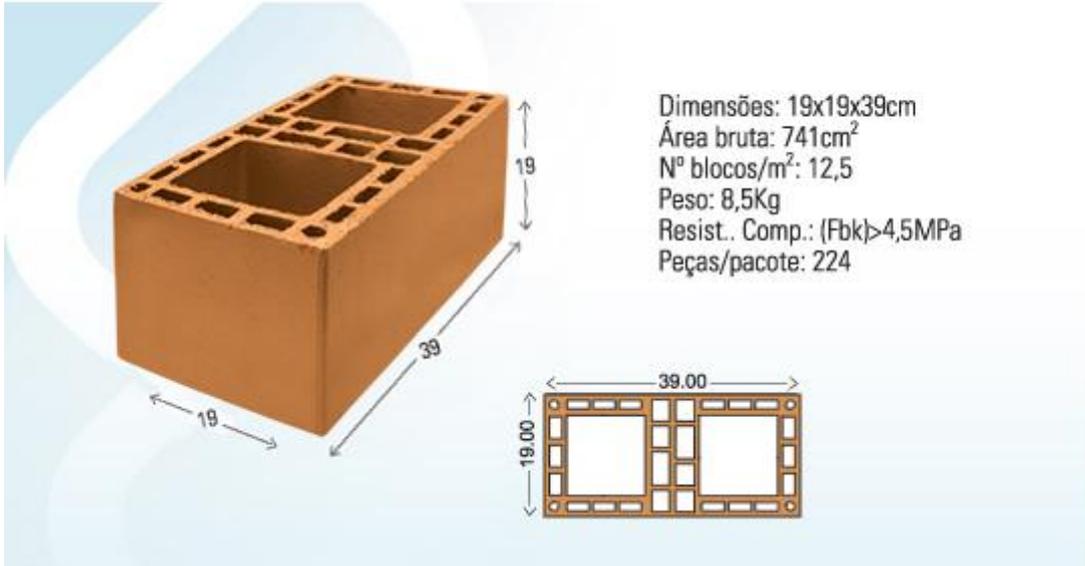
CC40/11 - Canaleta Comp. de 11 cm



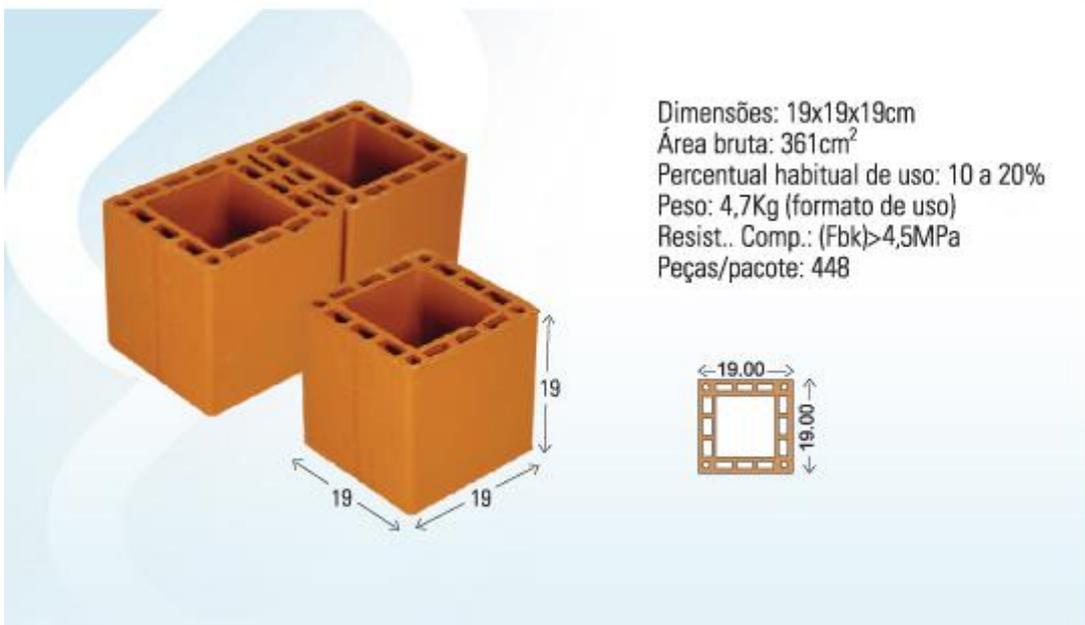
Dimensões: 14x11x11x39cm
 Nº de peças/ metro linear: 2,5
 Volume de concreto: 0,0076m³/m.l.
 Peso: 5,0Kg (formato de uso)
 Peso peça inteira: 8,0Kg
 Peças/pacote: 256

ANEXO C - Modulação 20 – Largura 19cm

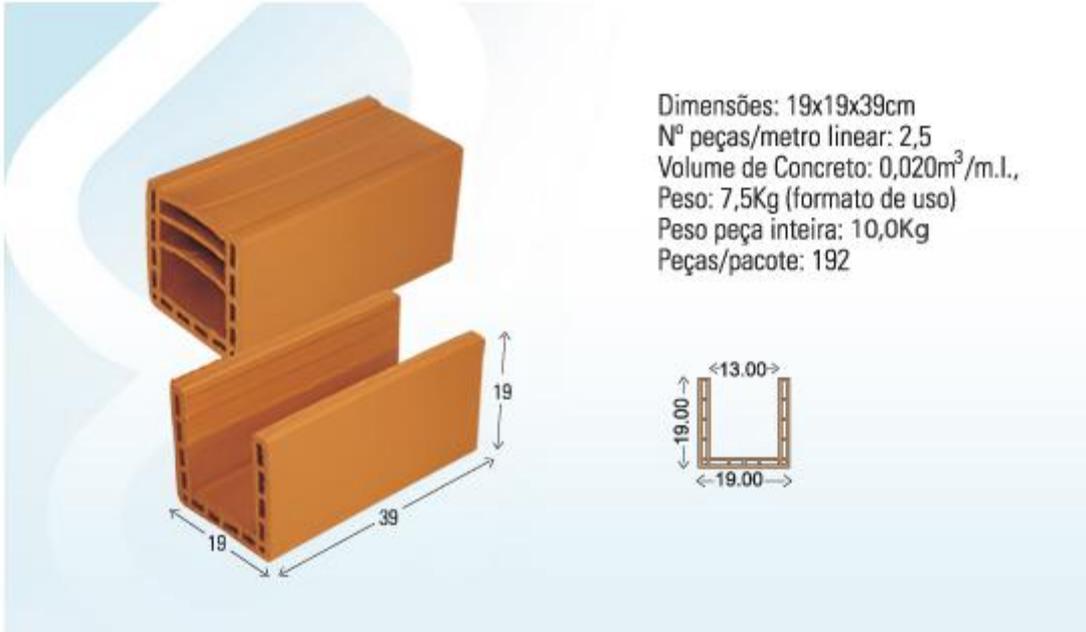
BE40/19 - Bloco Estrutural de 40/19cm



BE20/19 - Bloco Estrutural de 20/19cm - 1/2 peça

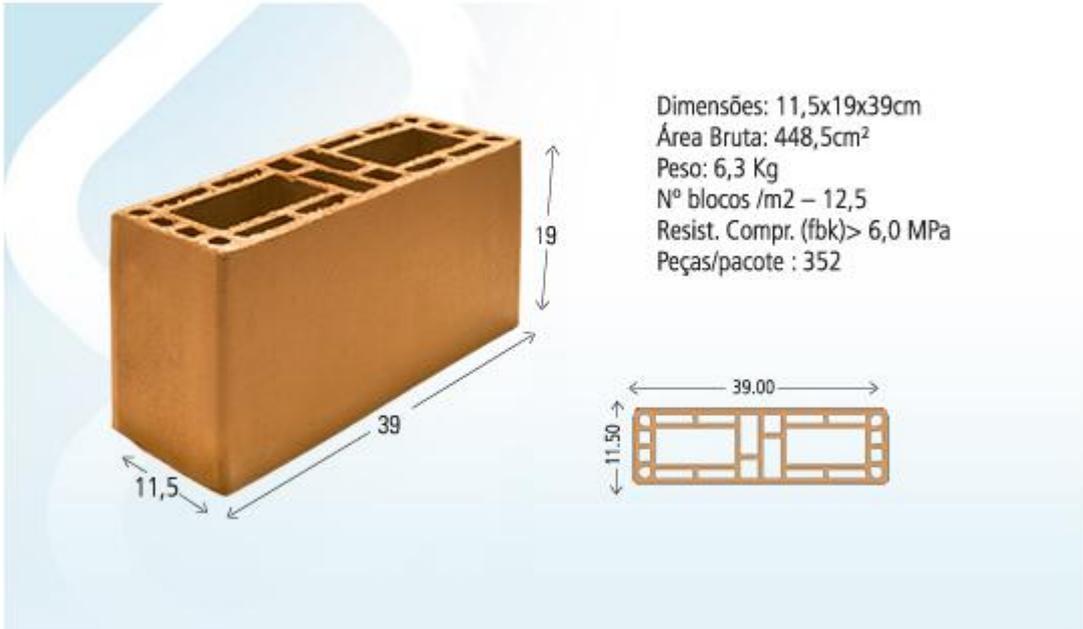


C40/19 - Canaleta de 40/19cm

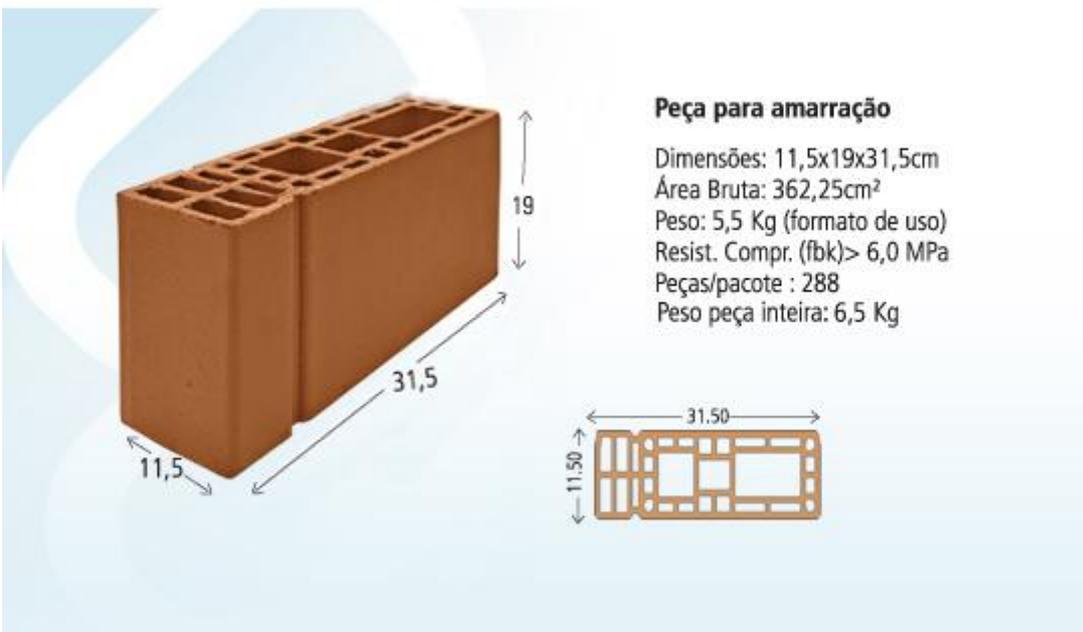


ANEXO D - Modulação 20 - Largura 11,5cm

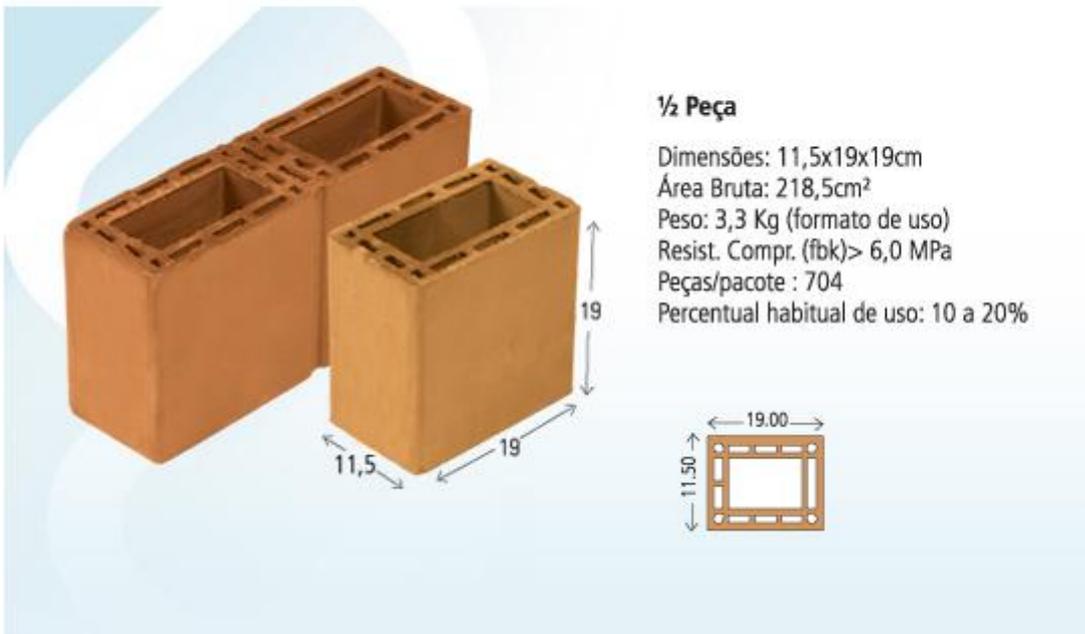
BE40/11 - Bloco Estrutural de 40-11,5cm



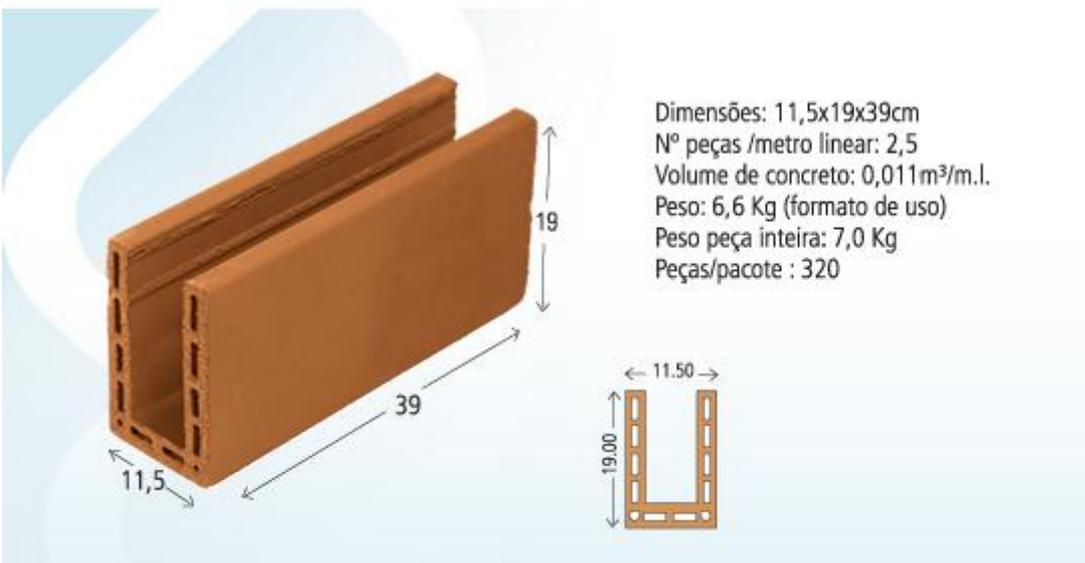
BE31,5 - Bloco Estrutural de 31,5cm



BE20/11 - Bloco Estrutural de 20-11,5cm



Cv11 - Canaleta de 11,5cm



ANEXO E

A tabela a seguir apresenta uma classificação com os vários tipos de fundação.

Fundações diretas rasas	Blocos e alicerces	
	sapatas	corridas
		isoladas
		associada
		alavancada
radiers		
Fundações diretas profundas	tubulões	céu aberto
		ar comprimido
Fundações indiretas	brocas	
	Estacas de madeira	
	Estacas de aço	
	Estacas de concreto pré-moldadas	
	Estacas de concreto moldadas in loco	Strauss
		Franki
		Raiz
		Barrete/Estação