

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
NÚCLEO DE TECNOLOGIA

CAIO RODRIGO RODRIGUES SANTOS

ANÁLISE COMPARATIVA FINANCEIRA DOS
MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA
ESTRUTURAL E PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS
IN LOCO APLICADOS EM EMPREENDIMENTOS NA
CIDADE DE CARUARU

CARUARU – PE

2017

CAIO RODRIGO RODRIGUES SANTOS

ANÁLISE COMPARATIVA FINANCEIRA DOS
MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA
ESTRUTURAL E PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS
IN LOCO APLICADOS EM EMPREENDIMENTOS NA
CIDADE DE CARUARU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Coordenação do Curso de Engenharia Civil
do Centro Acadêmico do Agreste – CAA, da
Universidade Federal de Pernambuco, em
cumprimento às exigências para obtenção de
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. (a). MSc. Larissa Maria
Argollo de Arruda Falcão.

CARUARU – PE

2017

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier CRB/4 - 1242

- S237a Santos, Caio Rodrigo Rodrigues.
Análise comparativa financeira dos métodos construtivos em alvenaria estrutural e paredes de concreto moldadas in loco aplicados em empreendimentos na cidade de Caruaru. / Caio Rodrigo Rodrigues Santos. – 2017.
140f. ; il. : 30 cm.
- Orientadora: Larissa Maria Argollo de Arruda Falcão.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, 2017.
Inclui Referências.
1. Construção civil. 2. Alvenaria estrutural. 3. Viabilidade econômica. I. Falcão, Larissa Maria Argollo de Arruda (Orientadora). II. Título.

620 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2017-405)

CAIO RODRIGO RODRIGUES SANTOS

ANÁLISE COMPARATIVA FINANCEIRA DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL E PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO APLICADOS EM EMPREENDIMENTOS NA CIDADE DE CARUARU

Proposta de trabalho a ser apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste – CAA, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, como requisito para a disciplina “Trabalho de Conclusão de Curso II”.

Área de concentração: Construção Civil

A banca composta pelos professores abaixo, considera O ALUNO CAIO RODRIGO RODRIGUES SANTOS APROVADO COM A NOTA_____.

Caruaru, 21 de dezembro de 2017

Banca examinadora:

Prof.^a Ms. Larissa Maria Argollo de Arruda Falcão_____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientadora)

Prof.^a Dra. Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves_____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Prof. Dr. Flávio Eduardo Gomes Diniz_____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Prof. Dr. Cléssio Leão Silva Lima_____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenador da disciplina)

*“Dedico este trabalho em especial ao meus
pais que trabalharam duro para oferecer uma
boa educação para mim e para o meu irmão”*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por permitir que aqui eu esteja, por ter-me abençoado nessa minha jornada e iluminado o meu trajeto nos momentos difíceis.

Agradeço aos meus pais Maria da Paz e José Ivanildo pelo incentivo nesse longo caminho, pela confiança que depositaram em mim, pelos conselhos e também pelas repreensões que definiram o meu caráter, pois sem isso tudo essa conquista não teria sido alcançada.

Agradeço a minha namorada Stéphanie de Carvalho pelo carinho, pela vibração com as minhas conquistas e por cada momento difícil que ela me ajudou a atravessar.

Agradeço aos verdadeiros responsáveis, que trouxeram um campus da Universidade Federal de Pernambuco para o interior do estado, pois sem esse investimento na educação minha família não teria condições de pagar cursos superiores em faculdades particulares para mim e para o meu irmão.

Agradeço a todas as pessoas que estiveram presentes ao meu lado nessa etapa da minha vida, em especial a todos os meus companheiros de aula, pois são grandes amizades que levarei comigo para toda a vida.

Por fim, mas não menos importante agradeço a minha ilustríssima professora e orientadora Larissa Maria Argollo que me guiou e me instruiu durante esse período, preparando e orientando os seus alunos para o embarque da vida profissional.

RESUMO

A carência habitacional ainda continua sendo um enorme desafio para os brasileiros. Como solução, o setor construtivo, juntamente com o governo federal, inovou e modulou os sistemas construtivos com o objetivo de conseguir uma significativa redução nesse cenário. Diante disso, o setor construtivo brasileiro investe na aplicação de sistemas construtivos racionalizados que demonstram diversas vantagens para a produção em alta escala sem perda de qualidade, além de dispor de condições técnicas e econômicas perfeitas para suprir a atual demanda do mercado brasileiro de novas moradias para a população. Diante desse cenário, essa pesquisa teve como foco um estudo comparativo de viabilidade econômica entre os sistemas construtivos racionalizados de alvenaria estrutural de blocos de concreto e o de parede de concreto moldada “in loco”. No estudo foram apresentadas as principais características de cada método executivo, como também suas vantagens e desvantagens. O trabalho se pautou em um comparativo de custos de habitações populares orçadas em cada um dos métodos executivos citados nesse trabalho, sintetizados em gráficos e tabelas com o objetivo de comprovar a viabilidade executiva e financeira do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas “in loco”. Ele é um sistema bastante utilizado em obras de grande escala e alto grau de repetitividade devido a redução do número de insumos e serviços necessários para a execução, tornando a obra mais econômica do que em outros sistemas. No entanto o sistema exige um alto investimento nas tecnologias, equipamentos e fôrmas de alumínio, tornando inviável a sua aplicação em obras de menor porte.

Palavras-chave: Sistemas Construtivos. Alvenaria Estrutural. Paredes de Concreto Moldadas “in loco”. Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

The housing shortage still remains a huge challenge for Brazilians. As a solution, the construction sector, together with the federal government, innovated and modulated the construction systems in order to achieve a significant reduction in this scenario. In view of this, the Brazilian construction sector invests in the application of rationalized construction systems that demonstrate several advantages for high scale production without loss of quality, besides having the perfect technical and economic conditions to supply the current demand of the Brazilian market for new housing for the population. In view of this scenario, this research focused on a comparative economic feasibility study between the rationalized structural systems of concrete masonry of concrete blocks and the wall of molded concrete "in loco". In the study the main characteristics of each executive method were presented, as well as its advantages and disadvantages. The work was based on a comparison of costs of popular housing budgeted in each of the executive methods cited in this work, synthesized in graphs and tables with the purpose of proving the executive and financial viability of the construction system of molded concrete walls "in loco". It is a system widely used in large scale works and a high degree of repetitiveness due to the reduction of the number of inputs and services required for execution, making the work more economical than in other systems. However, the system requires a high investment in aluminum technologies, equipment and structures, making its application in smaller works unviable.

Keywords: Constructive Systems. Structural Masonry. Molded Concrete Walls "in loco". Economic viability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma de gerenciamento de obra	23
Figura 2: Malha reticulada em blocos modulares	52
Figura 3: Detalhe típico do canto de paredes	53
Figura 4: Detalhe típico do encontro de três paredes	53
Figura 5: Coordenação modular vertical do piso ao teto	55
Figura 6: Coordenação modular vertical de piso a piso	56
Figura 7: Representação de plantas de primeira e segunda fiadas	57
Figura 8: Detalhe da paginação em paredes	58
Figura 9: Blocos hidráulicos	59
Figura 10: Detalhe de “shaft” interrompendo a parede	59
Figura 11: Instalações prediais em edificações de alvenaria estrutural	60
Figura 12: Os sistemas estruturais	62
Figura 13: Sistemas de lajes de entrepiso conforme sua rigidez em atuar como diafragma.	64
Figura 14: Tipos de sacadas mais apropriadas para edifícios em alvenaria estrutural	65
Figura 15: Exemplos de juntas de controle	66
Figura 16: Representação das vergas e contra-vergas no projeto de alvenaria estrutural	68
Figura 17: Cinta de amarração-detalle de canto e encontro das paredes	69
Figura 18: Representação gráfica de um coxim	70
Figura 19: Montagem de fôrmas metálicas	71
Figura 20: Concretagem de uma parede de concreto	74
Figura 21: Demonstração da instalação elétrica fixada nos painéis internos	76
Figura 22: Instalações hidráulicas dispostas no interior das paredes	80
Figura 23: Instalação elétrica completa fixada nos painéis internos	81
Figura 24: Fundação em sapata corrida	82
Figura 25: Fundação em radier	82
Figura 26: Acabamento em uma parede de concreto moldada “in loco”	89
Figura 27: Perspectiva gráfica Residencial Acauã	93
Figura 28: Perspectiva da fachada do Residencial B	94

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Custo por m ² da fundação	104
Gráfico 2: Gráfico do custo por m ² da etapa de elevação das paredes	105
Gráfico 3: Gráfico do custo por m ² da etapa de execução da laje	106
Gráfico 4: Gráfico do custo global das etapas por m ²	107
Gráfico 5: Gráfico do custo global dos tipos de insumo por m ²	108
Gráfico 6: Gráfico da influência de cada etapa no custo global dos sistemas	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões nominais de blocos de concreto segundo NBR 6136	43
Tabela 2: Principais requisitos normativos para blocos de concreto	46
Tabela 3: Traços e propriedades das argamassas normalizadas nos Estados Unidos	48
Tabela 4: Traços e propriedades das argamassas normalizadas pela Norma Britânica	48
Tabela 5: Comparação dos sistemas de fôrmas	73
Tabela 6: Resumo das tipologias de concreto	75
Tabela 7: Custos do sistema de fundação tipo radier – Residencial Acauã	96
Tabela 8: Custos dos elementos estruturais da superestrutura – Residencial Acauã	97
Tabela 9: Relação entre os serviços na etapa de Superestrutura – Residencial Acauã	100
Tabela 10: Resumo de custos da estrutura em paredes de concreto – Residencial Acauã	100
Tabela 11: Custos do sistema de fundação tipo radier – Residencial B	101
Tabela 12: Custos dos elementos estruturais da superestrutura – Residencial B	102
Tabela 13: Resumo de custos da estrutura em alvenaria estrutural – Residencial B	103

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa	16
1.2	Motivação	17
1.3	Objetivos	17
1.3.1	<i>Objetivo Geral</i>	17
1.3.2	<i>Objetivo Específico</i>	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Programas habitacionais no país	19
2.2	Industrialização dos sistemas construtivos	20
2.3	Otimização do projeto	22
2.4	Gerenciamento de projeto e construção	22
2.5	Sistema construtivo de alvenaria estrutural	24
2.5.1	<i>Breve histórico</i>	24
2.5.2	<i>O sistema construtivo</i>	25
2.5.3	<i>Normatização</i>	27
2.5.4	<i>Vantagens</i>	28
2.5.4.1	<i>Redução de custos</i>	28
2.5.4.2	<i>Produtividade</i>	29
2.5.4.3	<i>Racionalização</i>	31
2.5.4.4	<i>Desempenho ambiental</i>	32
2.5.5	<i>Desvantagens</i>	32
2.5.5.1	<i>Limitações do projeto</i>	32
2.5.5.2	<i>Carência de fornecedores de blocos estruturais</i>	33
2.5.5.3	<i>Falta de mão de obra qualificada</i>	33
2.5.6	<i>Manifestações patológicas</i>	33
2.6	Sistema construtivo de paredes de concreto	34
2.6.1	<i>Breve histórico</i>	34
2.6.2	<i>O sistema construtivo</i>	36
2.6.3	<i>Normatização</i>	37
2.6.4	<i>Vantagens</i>	38
2.6.5	<i>Desvantagens</i>	40
2.6.6	<i>Manifestações patológicas</i>	40
3	ALVENARIA ESTRUTURAL	42
3.1	Materiais utilizados	42

3.1.1	Unidades de construção	42
3.1.2	Blocos de concreto	42
3.1.3	Argamassa de assentamento	46
3.1.4	Graute	49
3.1.5	Armaduras	49
3.2	Particularidades nos projetos	50
3.2.1	Projeto arquitetônico	50
3.2.1.1	<i>Simetria em planta</i>	50
3.2.1.2	<i>Coordenação Modular</i>	51
3.2.1.3	<i>Coordenação modular horizontal</i>	51
3.2.1.4	<i>Coordenação modular vertical</i>	54
3.2.1.4.1	<i>Coordenação modular vertical do piso ao teto</i>	54
3.2.1.4.2	<i>Coordenação modular vertical de piso a piso</i>	55
3.2.1.5	<i>Plantas de primeira e segunda fiadas</i>	56
3.2.1.6	<i>Paginações</i>	57
3.2.2	Projeto hidráulico	58
3.2.3	Projeto elétrico	60
3.2.4	Projeto estrutural	61
3.2.4.1	<i>Fundações</i>	63
3.2.4.2	<i>Lajes</i>	63
3.2.4.3	<i>Sacadas</i>	65
3.2.4.4	<i>Juntas de controle e dilatação</i>	65
3.2.4.5	<i>Elementos de reforço</i>	67
3.2.4.5.1	<i>Vergas e contra-vergas</i>	67
3.2.4.5.2	<i>Cintas de amarração</i>	69
3.2.4.5.3	<i>Coxins</i>	70
4	PAREDES DE CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO	71
4.1	Materiais e componentes do sistema	71
4.1.1	Fôrmas	71
4.1.2	Concreto	73
4.1.3	Armaduras	75
4.2	Particularidades nos projetos	77
4.2.1	Projeto arquitetônico	77
4.2.1.1	<i>Simetria em planta</i>	77
4.2.1.2	<i>Modulação</i>	78
4.2.1.3	<i>Padronização vertical</i>	78
4.2.2	Projeto hidráulico	79

4.2.3	<i>Projeto elétrico</i>	80
4.3	Processo executivo	81
4.3.1	<i>Fundação</i>	81
4.3.2	<i>Armação e modelagem</i>	83
4.3.3	<i>Montagem das fôrmas</i>	84
4.3.4	<i>Transporte do concreto</i>	85
4.3.5	<i>Recebimento do concreto</i>	85
4.3.6	<i>Lançamento do concreto</i>	86
4.3.7	<i>Adensamento do concreto</i>	87
4.3.8	<i>Cura do concreto</i>	87
4.3.9	<i>Desforma e limpeza</i>	88
4.3.10	<i>Acabamento</i>	88
5	METODOLOGIA	90
5.1	Classificação da pesquisa	90
5.2	Universo e amostra	90
5.3	Coleta, organização e análise dos dados	90
6	EMPREENHIMENTOS OBJETOS DO ESTUDO	92
6.1	Residencial Acauã	92
6.2	Residencial B	93
7	LEVANTAMENTO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	95
7.1	Estrutura em paredes de concreto moldadas “in loco”	95
7.2	Estrutura em alvenaria estrutural de blocos de concreto	100
8	ANÁLISE DOS RESULTADOS	104
8.1	Custo da fundação	104
8.2	Custo da superestrutura	104
8.3	Custo total da estrutura	106
8.4	Peso das etapas no custo global da estrutura	108
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	110
	REFERÊNCIAS	112
	APÊNDICE A – RESIDENCIAL B: MEMORIAL DE CÁLCULO	114
	APÊNDICE B – RESIDENCIAL B: PLANILHA DE CUSTOS E INSUMOS	117
	APÊNDICE C – RESIDENCIAL ACAUÃ: LEVANTAMENTO DO QUANTITATIVO	119
	APÊNDICE D – RESIDENCIAL ACAUÃ: PLANILHA DE CUSTOS	121
	APÊNDICE E – RESIDENCIAL ACAUÃ: REGISTRO FOTOGRÁFICO	126
	ANEXO A – RESIDENCIAL ACAUÃ: IMPLANTAÇÃO	133
	ANEXO B – RESIDENCIAL ACAUÃ: PLANTA BAIXA TÉRREO	134

ANEXO C – RESIDENCIAL ACAUÃ: PLANTA BAIXA TIPO	135
ANEXO D – RESIDENCIAL ACAUÃ: PLANTA DE COBERTURA	136
ANEXO E – RESIDENCIAL ACAUÃ: PLANTA DE FACHADA	137
ANEXO F – RESIDENCIAL ACAUÃ: PLANTA DE CORTE	138
ANEXO G – RESIDENCIAL B: PLANTA BAIXA 2 QUARTOS – 1ª OPÇÃO	139
ANEXO H – RESIDENCIAL B: PLANTA BAIXA 2 QUARTOS – 2ª OPÇÃO	140

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil no Brasil, em particular o subsetor de edificações, possui como meta aumentar a sua eficiência produtiva, tratando como pontos principais os prazos a serem cumpridos, a qualidade de seus produtos e a redução de gastos.

Diante disso, o setor de pesquisas e estudos de processos construtivos, atua tanto em inovações de sistemas construtivos, como também e em modelações dos sistemas tradicionais, no intuito de garantir uma maior qualidade nas obras, além de contribuir para uma aceleração na execução dos projetos, na obtenção de melhores resultados relacionados ao desempenho dos sistemas com um menor custo na produção, gerando assim, uma maior satisfação dos clientes.

O sistema de alvenaria estrutural é um dos sistemas tradicionais mais antigos e com maior grau de aceitabilidade pela humanidade.

O seu processo de construção é baseado na utilização de peças industrializadas com dimensões e peso que permitem serem manuseadas facilmente, então são ligadas por argamassa, tornando uma estrutura monolítica. As peças industrializadas podem ser moldadas em diversos tipos de materiais, destacando a cerâmica, o concreto e o sílico-calcáreo, que são os mais utilizados.

O sistema de paredes de concreto moldadas no local se trata de um sistema construtivo racionalizado, que permite fazer um planejamento completo e detalhado da obra. Ele reduz as atividades artesanais e improvisações, contribuindo para diminuir o número de operários no canteiro. Com mão de obra qualificada e maior produção em menos tempo, melhoram os indicadores de produtividade e aumentam as margens do negócio.

Uma das principais características da parede de concreto é a racionalização dos serviços. A produtividade da mão-de-obra é potencializada pelo treinamento direcionado ao sistema. Os operários são multifuncionais e atuam como montadores especializados, executando todas as tarefas necessárias: armação, instalações elétricas e hidráulicas, montagem das formas, concretagem e desforma.

Nesse sentido este trabalho teve por objetivo fazer uma comparação de viabilidade entre os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e paredes de concreto moldadas “in loco” em habitações de interesse social. Foi estudado um projeto arquitetônico de padrão popular considerando as repetições das unidades, mostrando valores que comprovaram a viabilidade de um ou outro método construtivo em estudo, e que esses resultados possam servir de dados e

parâmetros para estudantes, profissionais e empresas atuantes no ramo das habitações populares.

1.1 Justificativa

Com o aquecimento da construção civil devido a volumosos investimentos do governo federal que ocorreram entre o período de 2009 e 2014, juntamente com a injeção de crédito imobiliário, as construtoras se viram obrigadas a produzir imóveis econômicos e com qualidade. De início se percebeu que o sistema construtivo convencional não era uma alternativa econômica diante das novas tendências do mercado, com isso as construtoras e empresas do ramo investiram em novas tecnologias e métodos para ter um equilíbrio entre custos, qualidade e tempo de execução principalmente no ramo da habitação popular.

Com os programas do governo federal no incentivo a diminuição do déficit habitacional, a utilização de novos métodos construtivos racionalizados nesse cenário propõe resultar em uma maior lucratividade devido à produção em larga escala e com alto grau de repetitividade, como acontece em conjuntos habitacionais.

Um dos métodos aplicados para suprir essas exigências do governo foi o de paredes de concreto moldadas “in loco”. Desde 2012 a NBR 16055:2012 (Parede de concreto moldada in loco para a construção de edificações – Requisitos e Procedimento) surgiu para facilitar o acesso a essa tecnologia. Em uma entrevista o consultor da ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutura) e da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) ele afirma que o treinamento para montagem é simples e esse trabalho pode até ser executado por pessoas que não possuem experiência na construção civil, sendo necessários 15 dias para formação de um montador, dessa forma elimina a figura do pedreiro e do servente. (SANTOS, 2013)

Com a aprovação dessa norma, há uma grande expectativa do setor no aumento da produção dos conjuntos habitacionais, propondo uma nova demanda para os sistemas construtivos racionalizados. Esses sistemas apresentam-se como os principais responsáveis pela industrialização da construção civil no ramo das habitações populares.

Assim como em qualquer processo industrial as diversas etapas do processo são influenciadas pela qualidade e pelo tempo de execução, com isso o conhecimento das principais vantagens e desvantagens do sistema é essencial para a escolha do método construtivo que satisfaça a necessidade da empresa.

Nesse cenário este estudo comparativo de viabilidade técnica e financeira entre os dois sistemas construtivos permite o discernimento das principais características executivas e custos, podendo servir de base de estudo para profissionais e construtoras que buscam maior eficiência no ramo da habitação popular.

1.2 Motivação

O setor da construção civil é considerado um importante alicerce da economia brasileira, pois não existe crescimento econômico no Brasil sem o crescimento da indústria da construção civil. Porém o país enfrenta diversos obstáculos no setor, forçando-o a utilização de sistemas construtivos com baixo custo e rapidez na produção.

Em discurso o presidente da Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (Abrainc), Rubens Menin, argumentou sobre as novas medidas que o governo brasileiro adotou no início deste ano com o intuito de combater o déficit habitacional, impactando diretamente a economia do país. Em entrevista ao Portal Planalto, ele ressaltou que a contratação de 610 mil novas moradias para 2017 que movimentou toda a cadeia da construção civil, gerando novos empregos diretos e indiretos. (PLANALTO, 2017)

Diante desse cenário, as empresas tendem a ampliar os seus investimentos nos processos construtivos que melhor se adaptam à grande demanda e a urgência de prazo, como a utilização de sistemas construtivos que atendem a esses requisitos, por exemplo, o sistema de alvenaria estrutural e o sistema de paredes de concreto moldado in loco, técnicas consideradas racionalizadas, permitindo uma alta velocidade na execução, controle dos desperdícios e diminuição de custos. Com isso, torna-se uma área bastante estimulante, exigindo um conhecimento diferencial de seus funcionários e conhecimento técnico-financeiro entre os diversos sistemas construtivos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo comparativo de viabilidade entre dois dos sistemas construtivos racionalizados utilizados na cidade de Caruaru, o sistema de alvenaria estrutural e o sistema de paredes de concreto moldadas “in loco”, como também expor as principais características, vantagens e desvantagens de cada método junto à análise de viabilidade econômica e

construtiva.

1.3.2 Objetivo Específico

- Reunir as principais particularidades, aspectos e cuidados ao se construir edificações em alvenaria estrutural e em paredes de concreto moldadas “in loco”;
- Apresentar vantagens e desvantagens dos dois métodos executivos;
- Apresentar o orçamento de um empreendimento para cada método;
- Comparar o custo por m² de cada um dos empreendimentos estudados;
- Apresentar a viabilidade dos dois sistemas executivos para a concepção de um conjunto habitacional na cidade de Caruaru.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Programas habitacionais no país

Segundo Mastella (2014), os atuais problemas associados ao déficit habitacional brasileiro estão relacionados a um século onde o governo abandonou a população da classe baixa, tratando-a como nula. Tornando-se relevante a análise do desenvolvimento histórico do país.

Sabe-se que a cultura de suprimento habitacional do Brasil encontrasse vinculada ao meio produtivo, isso ocorre devido ao histórico de desenvolvimento rural do país. Antigamente, os escravos e agregados rurais possuíam suas moradias nas proximidades do seu local de trabalho. Com a evolução industrial e o desenvolvimento urbano, o princípio utilizado na zona rural também foi incorporado nas zonas industriais, onde houve um elevado crescimento populacional ao redor das fábricas, sendo assim, tornou-se necessário a elaboração de conjuntos habitacionais planejados, denominados de “cottage system”. Porém a demanda de trabalhadores migrantes era muito maior do que a oferta de emprego e moradias, proporcionando o aumento do déficit habitacional. (JACQUES, 2008)

A primeira ação do governo brasileiro foi incentivar as empresas privadas, oferecendo créditos, para que elas fossem responsáveis pela construção das habitações. No entanto, o lucro obtido com a construção de habitações individuais era baixo, sendo assim, optou-se por outra alternativa, a construção de prédios para habitações coletivas, com o objetivo de atender a população urbana de classe baixa, para que continuassem a permanecer na cidade e morar próximo ao centro industrial. (PECHAMAN; RIBEIRO, 1983, apud MASTELLA, 2014)

No início do século XX, as maiores cidades do país passaram por uma fase de reestruturação, alargando vias, elaborando os sistemas de distribuição de água e esgotamento sanitário, no entanto, tornou-se necessária a demolição das casas e sub-habitações irregulares, o que significou a desapropriação e expulsão de diversas famílias de suas moradias, proporcionando a ocupação dos subúrbios e criação das favelas. (MASTELLA, 2014)

A política de habitação teve início apenas a partir do fim da década de 30, o governo passou a analisar e propor novas alternativas para o problema do déficit habitacional. Várias medidas foram implementadas e diversos programas criados com o objetivo de solucionar o problema. (MASTELLA, 2014)

Segundo JACQUES (2008), em 1965, a criação do Banco Nacional da Habitação (BNH) estimulou a produção de habitações, apesar de haver uma defasagem no fluxo de caixa existente há décadas, o que resultou em baratear os custos, tanto na localização, ao ocupar áreas suburbanas em regiões desocupadas, como também na infraestrutura, ao escolher áreas em que a organização e o saneamento básico eram precários.

Entretanto, a demanda continuou a aumentar, só que em escala muito maior do que a elaboração de novas habitações, assim os órgãos responsáveis pelo setor sentiram-se obrigados a criar novas soluções, iniciando assim a elaboração dos programas habitacionais, baseados em orçamentos fechados e exclusivos para a habitação popular. (MASTELLA, 2014)

No estado de Pernambuco os programas e ações relacionados a questão de habitação de interesse social são gerenciadas pela Companhia Estadual de Habitação e Obras (Cehab), vinculada à Secretaria de Habitação.

Vale destacar a parceria do Governo de Pernambuco com o Governo Federal, prefeitura e organizações ligadas ao setor habitacional, onde juntas, já geraram mais de 12 mil novas habitações de 2007 a 2010, e em 2012, mais de 38 mil unidades habitacionais contratadas pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), encontravam-se em construção, no qual estão inseridas as ações do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), Fundo Nacional de Habitação de interesse Social (FNHIS) e Operação Reconstrução. (PERNAMBUCO, 2012)

2.2 Industrialização dos sistemas construtivos

De acordo com a definição de Camacho (2007), sistema construtivo é um processo de elevado nível de industrialização e de organização, composto por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados para chegar a um resultado satisfatório.

O conceito de industrialização remete ao processo de crescimento da atividade produtiva ao utilizar métodos de produção em série, compreendendo análises entre relações de produção e sua mecanização. A industrialização da construção consiste na implantação de forma racional e mecanizada de materiais, equipamentos e técnicas construtivas, com o intuito de ampliar a sua produtividade e eficiência nos processos. (BRUNA, 1976)

Do ponto de vista de Pastro (2007), racionalizar significa tornar um ato racional, ou seja, para alcançarmos um resultado aceitável, as etapas devem dispor de cálculos e atividades ponderadas. Assim, para elaborar um empreendimento racional deve-se projetar, pensar e executar considerando os aspectos econômicos, funcionais e com qualidade.

O setor construtivo brasileiro era considerado atrasado nesse aspecto, no entanto, com a globalização ocorreu um vasto crescimento de empreendimentos onde a margem de lucro sobre a unidade é considerada pequena, viabilizando a utilização de sistemas construtivos voltados para a produção em massa. Influenciando as empresas a utilizarem métodos construtivos com a ideologia de produção em série. (FERREIRA, 2014)

O processo de industrialização imposto no setor construtivo encontra-se desde peças mais simples como componentes de instalações elétricas até componentes mais complexos como lajes de piso, vigas, pilares, etc. Em uma edificação o sistema propõe a individualização do agrupamento desses elementos, gerando subsistemas, tais como fundações, estruturas, vedações e cobertura. Esses subsistemas são considerados unidades autossuficientes, funcionalmente unitárias e independentes entre si, no que diz respeito a função e possibilidade de desenvolvimento. Diante disso, a expressão “sistema construtivo” resulta da decomposição do componente construtivo em um conjunto de unidades de projeto, entre os quais possa atribuir ou definir uma relação de funcionalidade entre si, como um produto organizado. (FERREIRA, 2014)

Sistema construtivo é definido como um processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo, todos relacionados pela mesma linha de princípios com o intuito de gerar um resultado satisfatório (CAMACHO, 2007).

O sistema construtivo é selecionado ainda na fase inicial da obra, dependendo das características da mesma, como o tipo, a sua finalidade e o prazo a ser entregue. Por exemplo, na construção de pontes os sistemas a serem selecionados devem ser analisados conforme a sua resistência as distintas cargas atuantes e ao prazo de entrega da obra, considerando ser uma obra pública emergencial. (CAMACHO, 2007)

Dentre os diversos tipos de sistemas, temos o convencional, bastante empregado nas residências familiares de classe média e alta, ele consiste na utilização de vigas e pilares de concreto armado com função estrutural, em conjunto com a alvenaria de blocos de concreto ou cerâmica que possuem apenas a finalidade de vedação, temos sistemas que utilizam elementos estruturais pré-fabricados na empresa fabricante, com alta tecnologia, e transportados até o local da obra, montando a estrutura por meio de equipamentos pesados, como guinchos e guias, como também o sistema de alvenaria estrutural, que é o objeto alvo desse estudo, consiste basicamente em uma alvenaria que possui tanto a função de vedação, como também a função estrutural. (CAMACHO, 2007)

2.3 Otimização do projeto

Como em todos os outros sistemas construtivos, um empreendimento com um projeto compatibilizado de boa qualidade tende a gerar diversas vantagens na etapa de execução. Para que tal projeto seja considerado de boa qualidade é necessário que ele possua medidas de racionalização e de controle de qualidade na fase de construção, como também conter informações necessárias para que seja possível realizar um planejamento eficiente para a etapa de execução. (KALIL, 2007)

Ao coordenar um projeto deve-se manter atento aos princípios de compatibilização entre todos os projetos da edificação (arquitetônico, elétrico, estrutural, hidrossanitário e incêndio), a fim de reduzir ao máximo todas as interferências e inconsistências entre os projetos, de modo que não ocorram improvisações na fase de execução da obra. (CAMACHO, 2007)

Como também garantir a padronização na reprodução de informações e dados que serão apresentados para cada profissional que integram os projetos, assegurando um fator fundamental para a otimização do empreendimento, a comunicação entre as partes. Vale ressaltar a importância de haver uma aproximação entre os projetistas e os outros profissionais responsáveis pela construção, de modo que haja um suporte para atender a possíveis alterações imprevistas durante a construção. (KALIL, 2007)

Na etapa de execução os profissionais precisam concentrar-se exclusivamente no sistema adotado, desconsiderando quaisquer comparações com outros métodos construtivos. Pois, como já foi mencionado anteriormente, cada sistema possui suas particularidades, sua metodologia, suas normas e seus procedimentos.

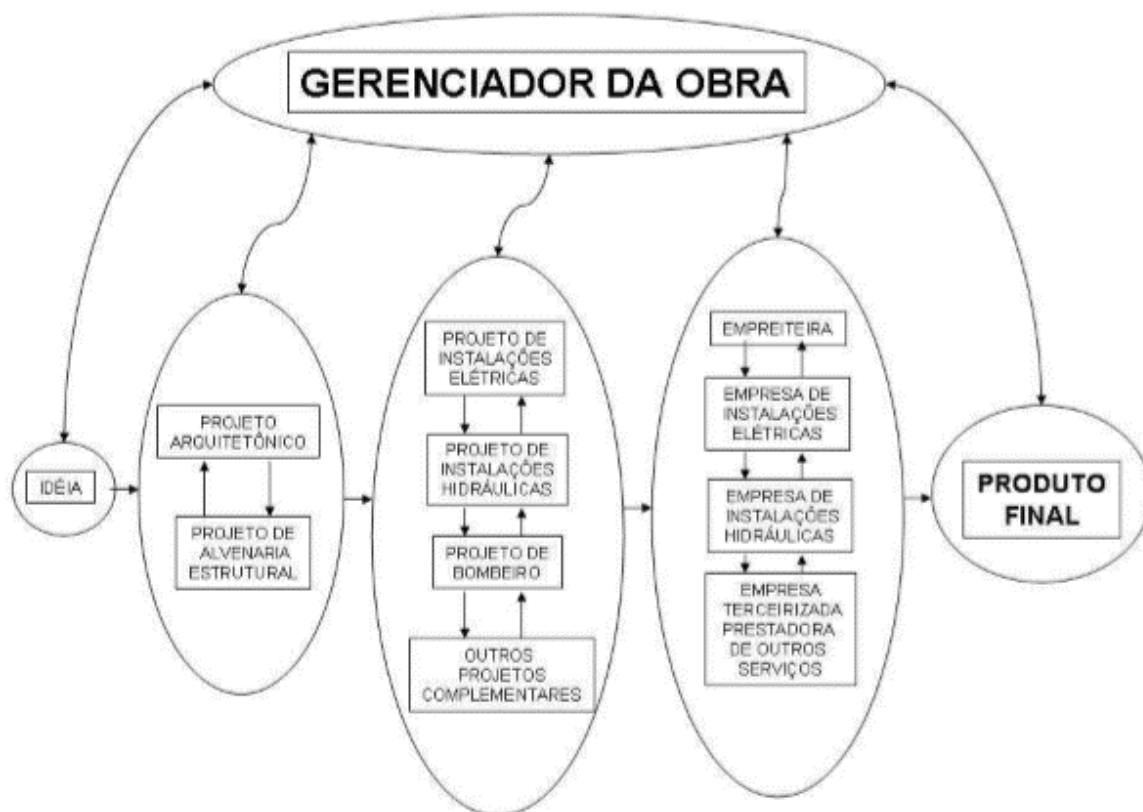
2.4 Gerenciamento de projeto e construção

Quando o sistema construtivo é escolhido seguindo os critérios mencionados, como o tipo de obra, a finalidade dela, o custo e o prazo, espera-se que a equipe contratada consiga alcançar um resultado satisfatório ao entregar o empreendimento, no entanto todo empreendimento também necessita de um bom gerenciamento de obra.

A função do gerenciador da obra é informar e coordenar toda a equipe, de modo que cada pessoa conheça os intuítos e objetivos do empreendimento, como também assegurar o compartilhamento das informações entre os elementos produtivos, como mostra a figura 1. Por exemplo, se um projetista de instalações elétricas não possuir em mãos o projeto arquitetônico e estrutural, não será possível elaborar o projeto de instalações elétricas, acarretando em atraso

no cronograma, ineficiência na execução, elevando o seu custo e gerando possíveis multas. (PASTRO, 2007)

Figura 1: Fluxograma de gerenciamento de obra



Fonte: Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural. PASTRO, R. Z. Itatiba. (20 de novembro de 2007).

Ainda segundo Pastro (2007), o bom andamento da execução da obra depende do planejamento de 5 fatores essenciais, são eles:

- Projetos;
- Tecnologia;
- Suprimentos;
- Organização da Produção;
- Gestão da Mão-de-Obra.

O projeto inicial torna-se lucrativo quando o empreendimento possui um adequado planejamento de gestão e de controle das atividades ligadas à obra, ocasionando a melhoria dos resultados econômicos e financeiros do mesmo. Esse fato ocorre devido ao grande estudo

quanto a viabilidade de execução de determinado projeto, que acontece antes mesmo do início da obra.

Geralmente o responsável por gerenciar a obra não é especialista em todos os segmentos da construção, no entanto ele precisa possuir o conhecimento mínimo em cada assunto, para que possa coordenar as ações da sua equipe em cada etapa do empreendimento. Também cabe ao responsável vistoriar os serviços prestados por empresas terceirizadas, verificar a qualidade dos materiais, selecionar os melhores fornecedores, conhecer o mercado, unificar os diversos elementos construtivos como os elementos estruturais com as instalações elétricas.

Diante disso, percebe-se que um bom gerenciamento de obra não é meramente necessário, mas sim essencial para que a obra se torne lucrativa e, por conseguinte, viável. Por tudo isso entende-se a importância de um gerenciador em obras de alvenaria estrutural, pois cada sistema construtivo exige um cuidado especial, para que seja possível a obtenção de um resultado atraente no ponto de vista econômico e de racionalização.

2.5 Sistema construtivo de alvenaria estrutural

2.5.1 Breve histórico

A alvenaria estrutural é o sistema construtivo tradicional mais antigo conhecido pelo homem. No início, o seu desenvolvimento se deu através do simples empilhamento dos blocos e utilizando peças auxiliares, como vigas de madeira ou pedra para a elaboração dos vãos.

Com o passar do tempo, novas descobertas foram incrementadas ao processo construtivo, como a utilização dos arcos em vãos. Obtendo assim uma maior qualidade para a construção de pontes e outras obras de grande beleza por meio da alvenaria estrutural.

Ao longo dos séculos diversas obras em alvenaria estrutural se destacaram na história devido a sua exuberância arquitetônica, como o Parthenon, na Grécia, construído entre 480 a.C. e 323 a.C., como também ao seu imenso porte como a Muralha da China, construída em 1368 a 1644. Na Idade Média, entre os séculos XII a XVII, a história é marcada pela construção dos castelos, com suas colossais muralhas, e as grandes catedrais que permanecem até os dias atuais. (CAMACHO, 2007)

A alvenaria estrutural predominou o setor construtivo até o fim do século XIX, porém os processos utilizados não possuíam os princípios de racionalização. As construções da época eram então erguidas segundo regras obtidas de forma empírica, com isso não havia a mínima garantia de segurança na estrutura, logo a elaboração da obra tendia para o

superdimensionamento das estruturas, sendo assim, tornou-se necessário o desenvolvimento na área de estudos e pesquisas. (KALIL, 2007)

O início do século XX foi marcado por uma revolução que abalou o setor construtivo, o surgimento do aço e do concreto armado, tal revolução passou a oferecer novas técnicas construtivas, que trariam mais vantagens ao modo de construir. Diante desse cenário, a alvenaria foi deixada em segundo plano, passando a ser utilizada quase que majoritariamente como elemento de vedação.

Logo em seguida, em meados do século XX, o mercado passava por uma nova fase, onde os empreendimentos sentiram a necessidade de buscar novas técnicas alternativas de construção. A partir desse acontecimento foram desenvolvidas um grande número de pesquisas no setor, possibilitando a criação de normas e critérios baseados em métodos racionalizados, permitindo que os sistemas construtivos tradicionais fossem renovados e redescobertos.

No Brasil, a implantação da alvenaria estrutural teve início na década de 60 (sessenta), como a construção do Conjunto Habitacional “Central Parque da Lapa”, um edifício com 4 (quatro) pavimentos em alvenaria armada de blocos de concreto. Segundo estimativas, entre os anos de 1964 e 1966, o número de unidades habitacionais em alvenaria estrutural se aproxima dos 2 (dois) milhões. (KALIL, 2007)

Na década de 80, o sistema construtivo tornou-se um dos mais utilizados na construção de conjuntos habitacionais no país, atingindo o seu auge. Devido a suas diversas vantagens, principalmente a redução de custos, diversas construtoras e produtoras de blocos investiram em seus produtos para tornar o processo mais vantajoso. Essa década também foi marcada pela introdução de blocos cerâmicos na alvenaria estrutural.

Contudo, a aplicação vantajosa do sistema foi abalada devido a inexperiência por parte dos profissionais, causando diversas patologias nesse tipo de edificação, acarretando em um retrocesso do sistema no setor construtivo nacional. Apesar disso, as vantagens econômicas asseguradas pela alvenaria estrutural em relação aos outros sistemas construtivos convencionais encorajaram algumas construtoras a continuarem a implantação do sistema e encontrarem soluções para as patologias observadas.

Atualmente, a alvenaria estrutural conta com um amplo acervo em pesquisas, juntamente com empresas parceiras do ramo de materiais, fazendo com que a cada dia novas construtoras se interessem pelo sistema.

2.5.2 O sistema construtivo

Também chamada de alvenaria/parede portante, exige planejamento e profissionais qualificados. Isso acontece porque esse método de construção tem função estrutural em um projeto e é indispensável para a sua estabilidade. Funciona como dois em um, juntando as funções de estrutura e vedação em um só sistema racionalizado, que utiliza medidas padrões de elementos construtivos, como blocos de concreto e de cerâmica acrescidos de elementos compensadores para uma melhor modulação. (HOMETEKA, 2014)

Tudo é previamente organizado para que as peças se encaixem de forma alternada e assim, instalando de forma simultânea todos os sistemas elétricos e hidrossanitários. Quando devidamente planejada, a alvenaria estrutural deve ser capaz de suportar todas as cargas atuantes. Além disso é resistente a intempéries externas, como chuvas e ventos.

Para Camacho (2007) o conceito de Alvenaria Estrutural é tomado como o processo construtivo onde os elementos que desempenham a função estrutural são de alvenaria, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de forma racional.

Ainda segundo Camacho, o sistema de alvenaria estrutural pode ser classificado quanto ao:

- Processo construtivo empregado:
 - **Alvenaria Estrutural Armada:** nesse processo os elementos estruturais necessitam da presença de armaduras passivas de aço, que são dispostas nas cavidades dos blocos e que posteriormente são preenchidas com micro concreto (Graute);
 - **Alvenaria Estrutural Não Armada:** nesse processo construtivo, as armaduras existentes nos elementos estruturais possuem apenas finalidades construtivas, de modo a prevenir problemas patológicos;
 - **Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada:** é o processo construtivo em que alguns elementos resistentes são projetados como armados e outros como não armados;
 - **Alvenaria Estrutural Protendida:** é o processo em que existe uma armadura ativa de aço contida no elemento resistente;
- Tipo de unidades:
 - Alvenaria Estrutural de Tijolos;
 - Alvenaria Estrutural de Blocos;
- Tipo de material utilizado:
 - Alvenaria Estrutural Cerâmica;
 - Alvenaria Estrutural Concreto.

2.5.3 Normatização

Em posse de um conjunto completo de normas voltadas à qualidade dos materiais e ao processo construtivo, o sistema construtivo de alvenaria estrutural com blocos de concreto proporciona um resultado final de alta confiabilidade e ótimo desempenho. (CONSTRUÇÃO, 2017)

As principais normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) são:

- NBR 8215/1983 – Prisma de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Preparo e ensaio à compressão;
- NBR 8798/1985 – Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto – Procedimento;
- NBR 8949/1985 – Paredes de alvenaria estrutural - Ensaio à compressão simples - Método de ensaio;
- NBR 10837/1989 (versão corrigida: 2000) – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto – Procedimento;
- NBR 13281/2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos;
- NBR 5739/2007 – Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos;
- NBR 6136/2007 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos;
- NBR 12118/2011 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio.

Internacionalmente, quatro normas servem de referência para a especificação dos blocos de concreto:

- ASTM C 55/97 – Standard specification for concrete brick (American Society for Testing and Materials - EUA);
- BS 6073/81 – Part 1 – Precast concrete masonry units – Specification for precast for concrete masonry units (British Standards Institution – UK);
- BS EN 772-2:1998 - Methods of test for masonry units. Determination of percentage area of voids in aggregate concrete masonry units (British Standards Institution – UK);
- BS EN 771-3:2003 - Specification for masonry units. Aggregate concrete masonry units (dense and light-weight aggregates) - (British Standards Institution – UK).

2.5.4 Vantagens

No que diz respeito a suas vantagens ocorre uma concordância na maioria das ideias entre Camacho (2007), Kalil (2007) e Hoffman (2012), juntos eles apontam como as principais vantagens os seguintes itens:

- i. Redução de custos;
- ii. Menor diversidade de materiais empregados, reduzindo o número de subempreiteiras, juntamente com o risco de atraso no cronograma de execução, em função de eventuais faltas de materiais, equipamentos ou mão de obra;
- iii. Redução da diversidade de mão-de-obra especializada;
- iv. Maior rapidez e facilidade de execução;
- v. Ótimas características de isolamento termo acústico;
- vi. Ótima resistência ao fogo.

2.5.4.1 Redução de custos

Essa redução é obtida através da adequada aplicação das técnicas de projeto, a simplificação em sua execução e a economia de materiais. Através de pesquisas disponíveis na literatura torna-se possível compreender de onde surgem as diferenças de custo entre obras em alvenaria estrutural e obras convencionais. Conforme Hoffman (2012) essa redução é devida aos seguintes serviços do empreendimento:

- **Revestimentos:** o sistema proporciona redução na espessura dos revestimentos, em função do prumo das paredes nessas obras (redução de até 40% no custo do serviço) e também menor consumo de argamassa, uma vez que o revestimento cerâmico é aplicado diretamente sobre os blocos, dispensando a execução de chapisco para fornecer aderência. Da mesma forma, o revestimento das paredes das áreas secas pode ser executado com a aplicação de placas de gesso diretamente sobre a superfície do bloco, economizando argamassa e mão-de-obra.;
- **Formas:** a economia de fôrmas é verificada pelo fato do sistema dispensar a necessidade de pilares e vigas na edificação, ocasionando, consequentemente a redução da mão-de-obra que seria utilizada na execução destes elementos (carpinteiros e ferreiros) além de haver uma redução no consumo de concreto e aço;
- **Instalações prediais:** a racionalização das instalações elétricas, sempre na vertical, e das instalações hidráulicas em shafts, pode proporcionar uma economia de até 10%

deste custo para obras em alvenaria estrutural. O fato de não haver necessidade do rasgamento de paredes para a passagem das tubulações colabora para um menor índice de geração de entulhos e maior rendimento da mão de obra;

- **Redução no desperdício de materiais e mão-de-obra:** em função do bloco de concreto ter maior resistência e durabilidade, é possível constatar um menor índice de quebras durante a fase de execução das paredes em relação aos blocos de alvenaria de vedação;
- **Esquadrias:** com o uso de vão padronizados é possível economizar no corte das barras e na produção dos caixilhos;

No estudo de Hoffman (2012), ela elabora uma comparação entre o custo de execução entre obras com blocos cerâmicos e de concreto, com isso é possível obter as seguintes conclusões:

- O custo das fundações de obras com alvenaria estrutural em blocos cerâmicos é menor do que com blocos de concreto. A diferença de custo é maior para prédios de até quatro pavimentos com fundação superficial, podendo atingir uma economia de até 32,4%, para edifícios com 6 pavimentos esta diferença cai para 17,4% e para fundações profundas, esta economia é reduzida para valores entre 6 e 10%;
- Para a execução de 1 m² de alvenaria estrutural com blocos em concreto, tem-se um custo de 13% superior à execução de blocos cerâmicos.

Desta forma, conclui-se que existe uma vantagem de custo para obras em alvenaria estrutural. A diferença principal está relacionada aos atributos do local, como material e mão de obra, como também das características do projeto. Da mesma forma, é possível notar que existe uma pequena diferença de custo também entre a execução em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e blocos de concreto.

2.5.4.2 Produtividade

Na atualidade, uma das vantagens mais importantes associadas a alvenaria estrutural é o progresso da produtividade em diversas etapas. Algumas pesquisas fornecem dados demonstrando que o prazo para a execução da obra em alvenaria estrutural pode ser de até duas vezes menor que o prazo da obra em concreto armado.

Ao analisarmos os estudos realizados por Hoffman (2012), podemos destacar os principais fatores positivos responsáveis pelo desenvolvimento da produtividade, são eles:

- Impossibilidade de adaptações, em função da escolha do sistema construtivo antes da elaboração do projeto arquitetônico;
- Uso de peças pré-moldadas, possibilitando a redução de serviços;
- Forma de pagamento dos funcionários por produção, diminuindo o absenteísmo;
- Maior rapidez na execução, por possuir uma técnica simplificada, porém é necessário que a mão de obra seja qualificada;
- Boa aceitação ao treinamento, sendo rápido o aprendizado, permitindo um número menor de equipes, considerável redução da mão-de-obra de carpintaria e ferragens, facilitando a supervisão da obra;
- Aumento da produtividade da mão de obra, contribuindo para a redução de custos, além de permitir a redução do prazo de execução dos empreendimentos;
- Menor número de serventes em obra, em todas as etapas.

No entanto, podemos também identificar diversos motivos que são considerados uns dos principais responsáveis pela redução da produtividade nas obras de alvenaria estrutural, são eles:

- Planejamento e programação deficiente, onde os funcionários precisam aguardar ordens de serviço;
- Absenteísmo excessivo;
- Inaptidão, despreparo ou falta de treinamento dos funcionários;
- Retrabalho e peças defeituosas;
- Existência de paredes a 45°;
- Juntas verticais diferenciadas, para atender às medidas do projeto;
- Utilização de grampos nos encontros das paredes;
- Interrupções causadas por condições climáticas (calor, vento e chuvas), indisponibilidade de materiais, equipamentos e transporte vertical;
- Corte dos blocos para instalação de caixinhas elétricas;
- Necessidade de utilização de andaimes para elevação da parede, pois aumenta a fadiga durante o trabalho, em função do peso dos blocos.

2.5.4.3 Racionalização

De acordo com a definição de processos racionalizados, vista anteriormente, podemos então afirmar que o sistema construtivo em alvenaria estrutural pode ser classificado como um sistema construtivo racionalizado. Isso porque os seus princípios buscam deixar o processo de trabalho mais eficiente e organizado. (BRUNA, 1976)

A ideologia de racionalização torna-se explícita quando observamos o canteiro de obras de uma edificação em alvenaria estrutural. O método em que o projeto é elaborado, com destaque no planejamento e padronização, acarretando na eliminação de desperdícios e redução nos custos.

A partir de uma análise dos estudos feitos por Kalil (2007), torna-se possível apresentar alguns conceitos, que visam a associação do conceito de racionalização ao sistema construtivo em alvenaria estrutural, são eles:

- Canteiro de obras em linha de montagem, com alto nível de planejamento, sendo neste caso a construção totalmente conduzida por projetos integrados entre si;
- Simplificação das instalações elétricas e hidráulicas, fator que afeta diretamente na redução na espessura de revestimento argamassados nesses pontos, resultando em menores custos e possibilidades de patologias, reduzindo também o prazo da execução;
- Simplicidade executiva, detalhamento de projeto, padronização, modulação e redução de entulho;
- Projetos confeccionados de forma coordenada, permitindo visão global do empreendimento, onde todas as soluções construtivas dos diversos subsistemas são integradas;
- Reduzida incidência de acidente de trabalho, em função da redução de etapas construtivas;
- Processo claro e objetivo para quem executa o processo;
- Elimina decisões na execução, devido ao fato dos detalhes construtivos serem discutidos antecipadamente na frase de projeto, eliminando as decisões na execução;
- Os pré-moldados (contramarcos, vergas, contravergas e compensadores) aplicados em edifícios de alvenaria estrutural aumentam o nível de racionalização desse processo construtivo, elevando a produtividade e reduzindo desperdícios e custos;
- Fundamentada na utilização de recursos e consequentemente na eliminação dos desperdícios gerados na obra.

2.5.4.4 Desempenho ambiental

Ainda segundo os autores Camacho (2007), Kalil (2007) e Hoffman (2012), a redução sonora também é citada como uma vantagem adquirida com o uso da alvenaria estrutural. O índice de redução sonora em torno de 42 dB (decibéis), quando a parede de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos é perfeitamente revestida em ambos os lados (espessura total de 16 cm).

As paredes de alvenaria constituem-se em boas barreiras acústicas e são bons isolantes térmicos. Da mesma forma, este sistema tem a vantagem de ter uma grande adequabilidade aos princípios da construção enxuta, onde praticamente todos os princípios são atendidos satisfatoriamente pelo sistema. (HOFFMANN, 2012)

2.5.5 Desvantagens

Embora o sistema construtivo em alvenaria estrutural apresente inúmeras vantagens que justifiquem o seu uso, como citado anteriormente, o sistema também apresenta algumas desvantagens e que são mencionadas pelos autores Camacho (2007), Kalil (2007) e Hoffman (2012), onde eles apontam as principais desvantagens no sistema:

- i. Impossibilidade de adaptação da arquitetura para um novo uso;
- ii. Limitação do projeto arquitetônico pela concepção estrutural;
- iii. Juntas de controle e dilatação a cada 15 m;
- iv. Não permite a construção de obras arrojadas;
- v. Carência de mão de obra qualificada;
- vi. Carência de fornecedores de blocos estruturais.

2.5.5.1 Limitações do projeto

Abaixo são destacadas as principais limitações impostas pelo sistema com relação ao projeto, conforme os trabalhos dos três autores. Vale destacar que algumas limitações apresentadas podem ser minimizadas com a definição de paredes não estruturais.

- Impossibilidade de remoção de paredes;
- Impossibilidade de alterações em paredes já executadas, como, por exemplo, abertura para passagem de dutos;
- Dificuldade de adaptação da arquitetura para um novo uso;

- Limitações quanto a construção de sacadas e marquises em balanço muito amplos, fora da projeção do prédio;
- Utilização de vãos relativamente pequenos no projeto arquitetônico (5 ou 6 m);
- Dificuldade na execução de formas arredondadas.

2.5.5.2 Carência de fornecedores de blocos estruturais

O país sofre com a carência de fornecedores para fabricação de blocos com resistência elevadas, ocasionando uma das principais desvantagens da utilização do sistema em alvenaria estrutural, com isso, ocasiona na desistência de executar um empreendimento com o sistema construtivo alvenaria estrutural, mesmo com tantas vantagens que o sistema fornece.

Quando mencionamos a existência de um setor com uma pequena oferta do produto, estamos falando de um fato que pode ocasionar atrasos e equipes paradas, gerando prejuízos, aumentando o preço do produto, refletindo diretamente no custo do investimento, podendo levar a inviabilidade da construção, como também ao controle minucioso que os blocos estruturais exigem para evitar equívocos em sua utilização, uma vez que o sistema demanda a utilização de blocos com tamanhos e resistências variadas.

2.5.5.3 Falta de mão de obra qualificada

Problemas relacionados a falta de mão de obra qualificada são mencionados por vários autores. A falta de profissionais qualificados da área leva as empresas a contratar profissionais sem experiência. Da mesma forma pode ser constatada uma carência de treinamentos, assim como a necessidade desse treinamento, o que demanda tempo e recursos financeiros, acarretando na desmotivação de alguns empresários a utilizarem o sistema.

2.5.6 Manifestações patológicas

De acordo com Barros (2015) as principais manifestações patológicas que ocorrem em obras de alvenaria estrutural são:

- Fissuras por recalque: a alvenaria estrutural tem alta sensibilidade aos deslocamentos sofridos nas fundações;

- Cantos de aberturas: devido à concentração de tensões existentes nestes locais, surgirão trincas a um ângulo de 45°, exceto se forem executadas vergas e contra-vergas;
- Retração por secagem: ocorre em painéis extensos; para evitá-las devem ser executadas juntas de controle;
- Fissuras térmicas: “ocorrem no último pavimento, aparecendo como uma fissura horizontal abaixo da canaleta de apoio, ou com inclinações de 45° nas paredes transversais”; para evitá-las deve-se permitir a movimentação da laje através do desprendimento dos apoios, inserir isolamento térmico em EPS, e permitir a ventilação através dos oitões;
- Interface na transição: a partir das deformações das estruturas de transição, a alvenaria passará a trabalhar pelo efeito de arco, apresentando como consequência o aparecimento de fissuras;
- Fissuras por cargas concentradas: quando existem peças de concreto armado apoiado sobre a alvenaria, devem-se implantar coxins de apoio para redistribuição das tensões;
- Fissuras por juntas a prumo: tende-se a aparecer fissuras quando ocorrem juntas a prumo; portanto, no projeto e na execução as juntas a prumo devem ser extintas;
- Fissuras por grampeamento de alvenarias: são fissuras verticais, e ocorrem quando as paredes estruturais são amarradas com grampos metálicos; este método não é recomendável;
- Fissuras na interface alvenaria e borda de laje: nesta região deverá haver revestimento com aplicação de tela galvanizada, especialmente no primeiro e último pavimento, e também previsão de junta horizontal de trabalho.

2.6 Sistema construtivo de paredes de concreto

2.6.1 Breve histórico

A implantação da tecnologia de fôrmas teve início na década de 60 nos canteiros de obra pelo engenheiro Toshio Ueno, incorporando o conceito de racionalização no setor construtivo. O principal objetivo do engenheiro se direcionava na melhoria da produtividade com um menor custo, isso ocorreu devido ao processo ter se tornado mais sistematizado, reduzindo assim o consumo de materiais, consequentemente o seu desperdício.

Esse método construtivo ainda se encontra em processo de expansão no Brasil, mas em alguns países da América do Sul como Chile e Colômbia, o modelo tem uma disseminação mais amplificado dentro do mercado. Devido ao desenvolvimento desses países na utilização desse sistema construtivo, no ano de 2007 um grupo de profissionais da construção civil representantes da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ABESC (Associação Brasileira de Serviços de Concretagem) e IBTS (Instituto Brasileiro de Tela Soldada) realizaram uma visita em obras nas capitais dos mesmos com o objetivo de se aprofundar no conhecimento das edificações produzidas com paredes de concreto. A partir disso, os profissionais constataram que a utilização desse método poderia trazer ótimos resultados no ramo das habitações populares, de médio e alto padrão (SANTOS, 2013).

A partir daí diversas pesquisas tiveram início com o intuito de tornar o sistema de paredes de concreto um método construtivo eficiente e principalmente viável diante dos métodos convencionais utilizados no país.

A Rodobens Negócios Imobiliários foi a primeira a adotar o novo sistema construtivo para a execução de seus empreendimentos. No final de 2006, a empresa recebia os primeiros jogos de fôrmas de plástico para a execução das casas de um condomínio localizado em São José do Rio Preto (SP) (FARIA, 2009).

O equipamento de plástico já se encontrava disponível no mercado nacional, no entanto possuía uma qualidade bastante inferior ao que temos atualmente e com uma aplicação muito restrita. Com o tempo dois aspectos bastantes importantes foram aprimorados no sistema, a qualidade da matéria prima empregada na fabricação dos painéis e a durabilidade das fôrmas.

A Gafisa criou um departamento específico para pesquisar novas tecnologias que reduzissem o ciclo de execução de seus empreendimentos. Foram dez meses estudando alternativas, visitando obras no Chile, na Colômbia, nos Estados Unidos, pesando vantagens e desvantagens de diversos sistemas construtivos considerando fatores como flexibilidade e customização de layout, possibilidade de implantar em diversas regiões do país, custo, velocidade de construção, equipamentos necessários para o transporte. Por fim, foram as paredes de concreto, produzidas com fôrmas de alumínio, que melhor atenderam as necessidades da construtora para reduzir o tempo de execução de suas obras (FARIA, 2009).

Em maio de 2012 entrou em vigor a NBR 16055:2012 (Parede de concreto moldada “in loco” para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos), ela surgiu para popularizar a tecnologia do sistema construtivo no país. Antes da norma, empresas que empregavam esse método construtivo precisavam se submeter às diretrizes do Sistema Nacional de Aprovações Técnicas (Sinat) para obter o Documento de Avaliação Técnica (DATec). Então

com a nova norma da ABNT, se tornou dispensável essa submissão e o modelo de construção passou a ser igual aos outros já convencionais. (SANTOS, 2012).

2.6.2 O sistema construtivo

A ABNT NBR 16055 (2012), define paredes de concreto moldadas no local como sendo elementos estruturais autoportantes. Como são concretadas praticamente em uma única etapa, o produto final tem peças monolíticas em concreto armado, ou seja, capazes de distribuir os esforços sobre toda a sua área, além de serem contínuas, uma vez que não apresentam juntas aparentes.

Trata-se de um sistema construtivo racionalizado, que permite fazer um planejamento completo e detalhado da obra. Ele reduz as atividades artesanais e improvisações, contribuindo para diminuir o número de operários no canteiro. Com mão de obra qualificada e maior produção em menos tempo, melhoram os indicadores de produtividade e aumentam as margens do negócio.

Por ser um sistema construtivo racionalizado utiliza formas metálicas de alumínio reaproveitáveis sem recorrer ao uso de madeira, como também utiliza apenas insumos industrializados, que também são submetidos a controle ambiental em sua produção.

Esse conjunto de formas metálicas é composto por painéis de alumínio portáteis, com peso aproximado de 20 Kg/m², possuindo resistência a pressão de aproximadamente 47 kN/m² e peças soltas, como passadores, cunhas e amarradores.

Os principais fatores responsáveis pela escolha deste sistema são dois: a velocidade e racionalização do processo. Pois este sistema oferece as vantagens da produção em alta escala sem perda de qualidade, além de dispor de condições técnicas e econômicas perfeitas para a atual demanda do mercado brasileiro da construção.

O sistema construtivo de paredes de concreto possibilita a construção de casas térreas, assobradadas, edifícios de até cinco pavimentos padrão com esforços de compressão, de até 30 pavimentos e com mais de 30 pavimentos, considerados casos especiais e específicos. (BARROS, 2015)

2.6.3 Normatização

O sistema construtivo de paredes de concreto segue a norma da ABNT NBR 16055:2012 – “Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos”.

Segundo a NBR16055 (2012) ela se aplica em edificações de qualquer geometria (em planta ou altura) com paredes de concreto moldadas “in loco” com fôrmas removíveis, em resumo ela aborda os seguintes requisitos para o projeto:

- Concretagem simultânea de paredes e lajes (ou com especificação de ligação armada entre elas);
- Uso de concreto comum ou autoadensável, com densidade normal de 2,0 tf/m³ a 2,8 tf/m³, com resistência característica à compressão aos 28 dias entre 20 MPa e 40 MPa;
- Uso de telas soldadas distribuídas em toda a parede, com armaduras mínimas indicadas na norma;
- A espessura mínima das paredes com altura de até 3 m deve ser de 10 cm. Permite-se espessura de 8 cm apenas nas paredes internas de edificações de até dois pavimentos. Para paredes com alturas maiores, a espessura mínima deve ser 1/30 do menor valor entre a altura e metade do comprimento equivalente da parede;
- Para paredes de até 15 cm, pode-se utilizar uma tela centrada. Paredes com mais de 15 cm, assim como qualquer parede sujeita a esforços horizontais ou momentos fletores aplicados, devem ser armadas com duas telas;
- A especificação do concreto para esse sistema construtivo deve estabelecer:
 - a) resistência à compressão para desenforma compatível com o ciclo de concretagem;
 - b) resistência à compressão característica aos 28 dias (fck);
 - c) classe de agressividade do local de implantação da estrutura conforme a NBR 12.655;
 - d) trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone (NBR NM 67) ou pelo espalhamento do concreto (NBR 15.823-2);
- O espaçamento máximo das juntas de controle deve ser determinado com dados de ensaios específicos (na falta desses ensaios, adotar o distanciamento máximo de 8 m entre juntas para paredes internas e 6 m para paredes externas);
- Em face da dilatação da última laje, deve ser prevista uma junta de controle imediatamente sob essa laje;

- Não se admitem tubulações horizontais, a não ser trechos de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m (desde que este trecho seja considerado não estrutural). Não são permitidas tubulações, verticais ou horizontais, nos encontros de paredes;
- Os projetos de fôrma, escoramentos, detalhes embutidos ou vazados e os projetos de instalações devem ser validados pelo projetista de estrutura;
- O modelo de análise estrutural de edifícios de paredes com vigas de fundação ou de transição deve considerar a flexibilidade relativa entre paredes e vigas;

No entanto também existem normas para paredes de concreto celular espumoso, são elas:

- NBR 12644/1992 – Concreto celular espumoso – Determinação da densidade de massa aparente no estado fresco – Método de ensaio;
- NBR 12645/1992 – Execução de paredes de concreto celular espumoso moldadas no local – Procedimento;
- NBR 12646/1992 – Paredes de concreto celular espumoso moldadas no local – Especificação.

2.6.4 Vantagens

As vantagens da utilização das paredes de concreto são várias. Entre elas o site Construindo de Cor (2017) destaca as seguintes:

- Evita os desperdícios e garante um menor consumo com maior qualidade – O sistema de paredes de concreto é muito mais limpo que o tradicional e resulta num canteiro de obras organizado, sem desperdícios desnecessários, e uma excelente planicidade tanto nas superfícies internas como também nas externas das paredes – o que significa a eliminação de algumas etapas, redução no prazo da obra e, claro, a redução também nos custos indiretos.
- Versatilidade – As paredes de concreto são muito versáteis, elas atendem a projetos de diferentes tamanhos e formas como por exemplo, obras de arte, edifícios residenciais, indústrias e galpões, painéis com tratamentos decorativos e muito mais;
- Desempenho normalizado – Material resistente e durável, o concreto é um dos principais elementos do sistema. Para oferecer uma solução segura e adequada às necessidades do

construtor brasileiro, diferentes tipos de concreto foram testados e aprovados nos mais renomados laboratórios e institutos de pesquisa. Todos os testes foram realizados sob o rigor da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575. Os ensaios realizados com base nesta norma levam em consideração itens como:

- Desempenho térmico;
- Desempenho acústico;
- Resistência a impacto;
- Permeabilidade da superfície;
- Gestão do processo - O sistema é baseado inteiramente em conceitos de industrialização de materiais e equipamentos, mecanização, modulação, controle tecnológico, multifuncionalidade e qualificação da mão de obra. Por isso, o controle exercido durante todo o processo executivo, do projeto à entrega da obra. Esse atributo é o grande responsável pelos ganhos de qualidade final, produtividade e prazo de realização;
- Acabamento - Como resultado de um processo monitorado e pouco sujeito a improvisações, a própria obra ganha em qualidade. Devido ao excelente padrão dos sistemas de fôrmas e do tipo de concreto empregado, as paredes não necessitam de revestimento de argamassa, apenas de pintura ou textura diretamente sobre o concreto acabado. Outra vantagem é que todas as instalações elétricas e hidráulicas podem ser embutidas nas paredes;
- Eliminação das patologias da alvenaria;
- Alta resistência a agressões e vandalismo – O concreto é muito resistente tanto aos processos químicos como também aos físicos;
- Melhoria nas condições de segurança da obra – Como você vai utilizar menos materiais e ter menos trabalho isso também melhora a segurança e diminui os riscos de acidentes na obra;
- Eliminação de várias etapas como o processo de assentamento de blocos – tão tradicional nas paredes de alvenaria;
- O projeto com concreto é totalmente controlado e ordenado – Você não vai sofrer nenhuma surpresa com os custos da sua obra;
- Equipe de trabalho reduzida;
- Podem ser executadas em todo o território nacional.

2.6.5 Desvantagens

Ainda segundo o site Construindo de Cor (2017), ele destaca as seguintes desvantagens da utilização de paredes de concreto:

- Restrições de possibilidade de mudanças não planejadas – Como a sua parede é de concreto então vai ser bem mais complicado quebra-la e reestrutura-la conforme a sua vontade;
- Dificuldade em improvisações – Com o concreto as improvisações são bem mais difíceis de se fazer do que com as paredes de alvenaria;
- Limitação de grandes vãos e balanços.

2.6.6 Manifestações patológicas

Segundo Barros (2015) as principais manifestações patológicas que ocorrem em obras de paredes de concreto são:

- **Manchas**, devido a diversos fatores como: variação na cor do cimento e da areia; variação na relação água/cimento; concentração de aditivos em pontos localizados; desmoldantes; impurezas no concreto; movimento da água dentro das fôrmas devido aos gradientes de energia;
- **Falhas de execução**, as mais comuns são:
 - **Vazamentos de concreto das formas**: estes vazamentos ocorrem principalmente pela base da forma na interface com a laje, implicando na necessidade de remoção do concreto em excesso, reduzindo assim a produtividade do sistema;
 - **Erros de posicionamento da armadura nas paredes**: pode ocorrer pelo fato que a parede não possua o revestimento necessário, ou mesmo estar aparente após a concretagem gerando assim a necessidade de reparos, acarretando em atrasos e custos extras não previstos;
- **Fissuras**: são classificadas de acordo com a sua origem podem ocorrer por deformação, retração hidráulica, retração térmica ou expansão hidráulica;
- **Bolhas superficiais abertas**: as bolhas são geradas durante o processo de mistura e lançamento, devido a agitação do concreto. Onde uma parcela do ar presente na massa consegue ser expulsa, outra permanece durante a cura, visto que sua eliminação é

dificultada devido a viscosidade do material. A água e o ar que permanecem no concreto tendem a se concentrar próximo das paredes das formas, devido principalmente a pressão exercida pelo concreto. Com isso origina-se uma camada de cerca de 5 mm composta por uma pasta de cimento seguida de outra com presença predominante de agregados miúdos;

- **Falhas na concretagem:** ocorrem geralmente devido aos erros no posicionamento das armaduras ou devido a utilização de concreto sem as características adequadas. Acarretando em diversas patologias nas paredes de concreto moldadas in loco, como a segregação do concreto na base das paredes, que requer correção antes do acabamento, implicando mais uma vez em perda de produtividade, além de problemas mais sérios como a formação de vazios na estrutura, defeito esse que compromete seriamente o comportamento estrutural da parede e sua distribuição de cargas;

3 ALVENARIA ESTRUTURAL

3.1 Materiais utilizados

3.1.1 Unidades de construção

Na alvenaria estrutural os tijolos ou blocos podem ser constituídos de diferentes materiais, sendo os mais utilizados os cerâmicos ou de concreto, no entanto, para esse sistema construtivo as propriedades desejáveis se aplicam a todos os tipos de materiais, são elas:

- Ter resistência à compressão adequada;
- Ter capacidade de aderir à argamassa tornando homogênea a parede;
- Possuir durabilidade frente aos agentes agressivos (umidade, variação de temperatura e ataque por agentes químicos);
- Possuir dimensões uniformes;
- Resistir ao fogo.

Ressaltando que o objeto de estudo para este trabalho se direciona para obras em blocos de concreto, nesse caso apenas os blocos de concreto serão analisados.

3.1.2 Blocos de concreto

Os blocos de concreto são componentes obtidos a partir de uma dosagem racional de cimento, areia, pedrisco, pó de pedra e água. O equipamento básico necessário para a sua elaboração é uma vibro-prensa. A partir da dosagem racional dos componentes e da disponibilidade do equipamento é possível se obter peças de grande regularidade dimensional e com faces e arestas de bom acabamento.

O bloco de concreto é empregado em larga escala no Brasil. Foi o primeiro bloco a possuir uma norma brasileira para cálculo de alvenaria estrutural. Por outro lado, como existem muitos fornecedores, sofre um problema de falta de qualidade. Possui boa resistência à compressão sendo a faixa de produção entre a mínima 4,5 MPa exigida pelas normas e 16 MPa. A resistência alta só é disponibilizada por algumas fábricas e o bloco é mais pesado. (SAHARA, 2015)

Um bloco deve oferecer qualidade e economia as edificações. Isso significa que deve apresentar: dimensões e formas adequadas, compacidade, resistência, bom acabamento geométrica, boa aparência visual sobretudo quando o projeto não prevê revestimento. Além disso, deve garantir isolamento termo acústico. Estes parâmetros são determinantes para a qualidade dos blocos e tem seus limites estabelecidos em normas técnicas apropriadas.

Existe um conjunto completo de normas da ABNT voltadas à qualidade dos materiais e ao sistema construtivo de alvenaria estrutural com blocos de concreto. As principais são:

- NBR 15873/2010 – Coordenação Modular para Edificações
- NBR 6136/2008 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos
- NBR 7184:92 – Determinação da resistência à compressão
- NBR 8215/1983 - Prisma de Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural Preparo e ensaio à Compressão
- NBR 15961-1/2011 - Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: Projeto
- NBR 15961-2/2011 - Alvenaria estrutural — Blocos de concreto — Parte 2: Execução e controle de obras
- NBR 12118/2011 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de ensaio
- NBR 14321 – Paredes de Alvenaria Estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento
- NBR 14322 – Paredes de Alvenaria Estrutural – Verificação da resistência à flexão simples ou à flexo-compressão.
- NBR 10837:89 – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto
- NBR 8798:85 – Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto

Quanto às dimensões, a NBR 6136/2008 classifica os blocos em:

Tabela 1: Dimensões nominais de blocos de concreto segundo NBR 6136

Dimensões	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)
M-15	140	190	390 ou 190*
M-20	190	190	390 ou 190*

Fonte: Transcrição da norma NBR 6136/2008

* meio bloco

Ainda segundo a NBR 6136 “Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural”, os blocos estruturais de concreto também são classificados em classes, são elas:

- **Classe A**, que é aplicado em alvenarias externas sem revestimento, utilizado em estruturas abaixo ou a cima do nível do solo;
- **Classe B**, que é aplicado em alvenarias internas ou externas com revestimento, utilizado para estruturas acima do nível do solo;
- **Classe C**, com função estrutural, no entanto são recomendados para edificações de no máximo um ou dois pavimentos conforme a dimensão do bloco;
- **Classe D**, sem função estrutural.

Os indicadores de qualidade dos blocos são constituídos pelos requisitos das normas citadas anteriormente, os requisitos mais importantes são:

- Resistência à compressão;
- Absorção de água;
- Precisão dimensional e perfeição geométrica;
- Textura superficial.

A resistência é a capacidade que a parede de alvenaria possui de suportar as diversas ações mecânicas previstas em projeto, tais como as cargas da estrutura, vento, deformações, choques, etc. Ela é diretamente influenciada tanto pela compacidade da peça, que é dependente dos critérios de dosagem, como também pela cura, que é um fator determinante na resistência a compressão dos blocos, a qual deve ser avaliada aos 28 dias. Esta resistência está diretamente ligada a alguns fatores como: características dos componentes e das juntas, aderência do conjunto, esbelteza da parede, ligação entre paredes, entre outros. Os blocos são comercializados em classes de resistência que variam de 4,5MPa até 16MPa. A classe de resistência 4,5MPa tem uso restrito ao uso em paredes com revestimento e não expostas às intempéries. Sua determinação deve atender as prescrições da NBR 6136. (SAHARA, 2015)

A absorção de água está diretamente relacionada à impermeabilidade dos produtos, ao acréscimo imprevisto de peso à parede saturada e à durabilidade. A determinação da Absorção total de blocos de concreto estrutural é contemplada na NBR 6136. O índice de absorção é utilizado como um indicador de durabilidade, sendo assim, dois critérios devem ser devidamente analisados e verificados:

- **A Absorção Individual de blocos de concreto**, que deve ser menor ou igual a 10%;
- **A Absorção inicial** (determinado com a norma americana ASTM C 67, correspondente à capacidade de sucção do bloco), onde os blocos devem apresentar uma taxa de

0,265g/cm²/min. Esse parâmetro é considerado um indicador importante para definir o potencial de aderência do bloco com uma argamassa com retenção adequada.

Esta absorção é influenciada pela porosidade dos blocos sendo mais alta para blocos mais porosos. Assim é importante encontrar o ponto de equilíbrio já que a absorção na quantidade certa favorece a penetração dos aglomerantes que ao endurecer tornam monolítico o conjunto blocos, argamassa, revestimento. Entretanto quando a absorção é muito alta pode comprometer as reações químicas necessárias ao endurecimento. Para garantir o equilíbrio é importante utilizar uma argamassa com características de retenção adequada. (SAHARA, 2015)

Os blocos devem ser homogêneos, compactos e com arestas vivas (indicador de precisão dimensional). Devem estar livres de trincas, fraturas para não prejudicar o seu assentamento, resistência e durabilidade. O processo de fabricação (mistura homogênea, prensagem, secagem e cura controlada), confere aos produtos grande regularidade de formas e dimensões possibilitando a modulação da obra já a partir do projeto, evitando-se improvisos e os costumeiros desperdícios deles decorrentes. É importante observar as dimensões estabelecidas em norma, bem como seus limites de tolerância.

A textura superficial é importante seja para alvenaria sem revestimento onde o bloco é o acabamento, seja em alvenaria com revestimento onde deve apresentar rugosidade, textura e porosidade superficial adequada para haver aderência com a argamassa e promover monoliticidade ao conjunto. Em geral, a textura varia de lisa a áspera dependendo dos materiais utilizados e das condições de fabricação.

A qualidade e o tipo do bloco de concreto são fundamentais para o bom desempenho do sistema estrutural. Por isso, é importante saber se a região do empreendimento possui fabricantes de blocos que ofereçam o produto adequado e dentro das normas técnicas, como demonstrado na tabela a seguir.

Tabela 2: Principais requisitos normativos para blocos de concreto

Requisitos	Bloco de Concreto Estrutural – Tipo A	Bloco de Concreto Estrutural – Tipo B
Resistência à compressão	6 MPa	4,5 MPa
Absorção D'Água (% massa)	10 (individual)	
Dimensões (mm)	140 x 190 x 190* 140 x 190 x 390	
Tolerâncias Dimensionais (mm)	~2 (largura) ~3 (altura e comprimento)	
Fonte: (SAHARA, 2015)		*meio bloco

3.1.3 Argamassa de assentamento

A argamassa de assentamento é o elemento de ligação entre as unidades de alvenaria, normalmente constituída de cimento, areia e cal. Cabe salientar que os procedimentos para a produção de uma argamassa de boa qualidade não são semelhantes aos procedimentos para a elaboração do concreto, pois o objetivo principal da produção do concreto é obter maior resistência à compressão, enquanto na argamassa os objetivos são os seguintes:

- Solidarizar as unidades transferindo as tensões de maneira uniforme entre as unidades;
- Distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede;
- Absorver pequenas deformações que a alvenaria está sujeita;
- Compensar as irregularidades dimensionais das unidades de alvenaria;
- Selar as juntas contra a entrada de água e vento nas edificações.

As propriedades gerais de uma argamassa dependem da natureza dos elementos que entram na sua composição, da proporção em que cada um desses elementos entra na mistura e da quantidade de água adicionada. Diante disso, Kalil (2007) cita as principais propriedades desejáveis das argamassas tanto no estado fresco como no estado endurecido, como demonstrado abaixo:

No estado fresco, temos:

- **Trabalhabilidade** é originada na combinação de vários fatores, sendo os principais a coesão, a consistência, a quantidade de água utilizada, o tipo e o teor de aglomerante empregado, a granulometria e a forma dos grãos do agregado. Não existe um método direto para medir a trabalhabilidade da argamassa. Na prática é determinada pelo assentador da alvenaria;
- **Consistência** é a propriedade que exprime se a argamassa está mole ou rígida;
- **Retenção de água** é a capacidade da argamassa de reter água contra a sucção exercida pelas unidades de alvenaria. Se a água contida na argamassa de assentamento percolar muito rapidamente para a unidade, não haverá água suficiente para a completa hidratação do cimento, resultando em uma fraca ligação entre a unidade de alvenaria e a argamassa;
- **Tempo de Endurecimento**, se dá pela reação química existente entre o cimento e a água. Se o endurecimento for muito rápido, causará problemas no assentamento das unidades e no acabamento das juntas. Se for muito lento, causará atraso na construção, devido à espera que se faz necessária;

No estado endurecido, temos:

- **Aderência** é a capacidade que a interface bloco-argamassa possui de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a ela, sem causar rompimento. É a propriedade mais importante da argamassa endurecida. Ainda não existem ensaios adequados para medir a aderência, porém são executados uma série de métodos, todos consistem em separar duas ou mais unidades unidas por argamassa;
- **Resistência à compressão** é função do tipo e da quantidade de cimento usado na mistura da argamassa (relação água/cimento). A argamassa deve ser resistente o suficiente para suportar os esforços a que a parede está sujeita. A resistência à compressão é obtida seguindo-se as prescrições da NBR 13279, pelo ensaio de corpos-de-prova prismáticos submetido primeiramente a ensaio de tração por flexão e após as duas partes restantes são submetidas a ensaio de compressão.

O tipo de argamassa a ser usado depende da função que a parede vai exercer, do tipo de bloco utilizado e das condições de exposição a qual a parede estará sujeita. Na seleção do tipo de argamassa a ser utilizado devemos efetuar um balanço entre a o que se deseja dessa alvenaria e as propriedades dos vários tipos de misturas. Deve ser considerado que não existe um único

tipo de argamassa que seja o melhor para todos os tipos de aplicações. Cabe salientar que não deve se utilizar uma argamassa com resistência superior à necessária.

As normas americanas especificam quatro tipos de argamassas mistas, designadas por M, S, N e O, assim como a britânica tem suas correspondentes i, ii, iii, e iv, conforme as tabelas que seguem:

Tabela 3: Traços e propriedades das argamassas normalizadas nos Estados Unidos

Tipo de Argamassa	Traço em Volume			Resistência Média Esperada (MPa)
	Cimento	Cal	Areia	
M	1	0 – ¼	De 2,25 a 3 vezes o volume de cimento e cal.	17,2
S	1	½		12,4
N	1	1		5,2
O	1	2		2,4

Fonte: (KALIL, 2007)

Tabela 4: Traços e propriedades das argamassas normalizadas pela Norma Britânica

Tipo de Argamassa	Traço em Volume			Resistência Média Esperada (MPa)	
	Cimento	Cal	Areia	Laboratório	Obra
i	1	0 – ¼	3	16,0	11
ii	1	½	4 – 4,5	6,5	4,5
iii	1	1	5 – 6	3,6	2,5
iv	1	2	8 – 9	1,5	1,0

Fonte: (KALIL, 2007)

Quanto ao emprego dessas argamassas, Camacho (2007) argumenta:

- **Argamassa tipo M:** recomendada para alvenaria em contato com o solo, tais como fundações, muros de arrimo, etc. Possui alta resistência à compressão e excelente durabilidade;
- **Argamassa tipo S:** recomendada para alvenaria sujeita aos esforços de flexão. É de boa resistência à compressão e à tração quando confinada entre as unidades;

- **Argamassa tipo N:** recomendada para uso geral em alvenarias expostas, sem contato com o solo. É de média resistência à compressão e boa durabilidade. Essa argamassa é a mais comumente utilizada nas obras de pequeno porte no Brasil;
- **Argamassa tipo O:** pode ser usada em alvenaria de unidades maciças onde a tensão de compressão não ultrapasse 0.70 MPa e não esteja exposta em meio agressivo. É de baixa resistência à compressão e conveniente para o uso em paredes de interiores em geral.

3.1.4 Graute

O graute é uma mistura de materiais, os mesmos utilizados para produzir concreto convencional, porém as diferenças estão no tamanho do agregado (mais fino, 100% passando na peneira 12,5 mm) e na relação água/cimento. Ele deve proporcionar um desempenho estrutural compatível com a alvenaria armada e ainda assegurar a aderência à armadura vertical e horizontal além de protegê-las contra corrosão. Quando aplicado nos vazados dos blocos ele exerce as funções de:

- Assegurar a aderência à armadura vertical e horizontal além de protegê-las contra corrosão;
- Proporcionar a integração da armadura com a alvenaria, no caso de alvenaria estrutural armada ou em armaduras apenas de caráter construtivo;
- Aumentar a resistência da parede sem a necessidade de aumentar a resistência da unidade.

O controle da qualidade do graute é executado através do ensaio de resistência à compressão, obtido pelo rompimento de corpos-de-prova prismáticos de 7,5x7,5x15 cm ou 9x9x18 cm, confeccionados em moldes absorventes constituídos pela justaposição de 4 unidades de alvenaria. Após a sua confecção, o corpo-de-prova deve ser coberto com algum tipo de material que não permita a saída de umidade e mantido intacto por 48 horas. É desmoldado e curado em câmara úmida até completar 28 dias quando, então, é rompido. (KALIL, 2007)

3.1.5 Armaduras

As barras de aço empregadas nas construções em alvenaria estrutural são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, porém serão sempre envolvidas por graute, para

que o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria seja seguramente garantido.

As armaduras são classificadas em dois tipos armaduras construtivas, próprias da alvenaria não armada, como também as armaduras de cálculo, presentes na alvenaria armada. Segundo Camacho (2007), suas funções básicas são:

- Absorver os esforços de tração ou compressão provenientes do vento ou desaprumo ou outras ações;
- Cobrir necessidades construtivas, com o objetivo de prevenir patologias como fissuras nas paredes.

No caso da alvenaria estrutural não armado a NBR 10837 (ABNT, 1989), descreve que as armaduras não apresentam a função de conter os esforços, servindo apenas com finalidade construtiva ou de amarração;

3.2 Particularidades nos projetos

Para que determinada obra seja bem-sucedida e racionalizada, os projetos citados adiante devem ser devidamente projetados, sendo necessário haver uma harmonização entre eles. Ou seja, o principal objetivo de um bom gerenciamento da obra é realizar a integração dos diversos elementos da obra, com isso gerar um produto final satisfatório.

3.2.1 Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico é o encarregado de dar a forma do empreendimento, o número e a distribuição das unidades, assim organizando a disposição dos demais projetos. Vale salientar que o sucesso do empreendimento está amplamente ligado à boa qualidade do projeto arquitetônico, caso o mesmo não fosse apropriado a obra afetaria diretamente os outros projetos, logo seria necessário realizar compensações nas medidas desses projetos ou intervenções em obra, influenciando negativamente o projeto e inviabilizando sua execução.

O responsável pelo projeto arquitetônico nesse sistema é incumbido de incorporar ao seu projeto alguns parâmetros que devem ser observados como a simetria em planta, a coordenação modular horizontal e vertical.

3.2.1.1 Simetria em planta

A simetria do projeto em planta é incumbida de garantir a estabilidade estrutural do edifício, reduzindo ao máximo o surgimento de esforços de torção, este devido as cargas horizontais presentes. Para isso deve-se distribuir as paredes estruturais em ambas as direções, afim de obter uma simetria externa da edificação.

A análise da forma do prédio é um estudo que deve ocorrer logo no início da concepção do projeto. Em relação à forma, devem ser analisados critérios como equalização das inércias das paredes, ou seja, quanto menos simétrico o prédio, maior é a incidência de diferenças de cargas. (MACHADO, 2014)

Vale salientar que em seu estudo a autora Kalil (2007), aconselha a não utilizar formas em planta L, U, T ou X, pois, segundo ela, encarecem a estrutura e dificultam os cálculos. No caso de elevações a premissa também é válida, o ideal seria o mais simétrico possível, evitando formas complexas para esse tipo de sistema construtivo.

3.2.1.2 Coordenação Modular

A coordenação modular baseia-se no ajuste de todas as dimensões da obra, horizontais e verticais, através de valores múltiplos das dimensões conhecidas dos blocos. O seu objetivo principal é evitar ao máximo cortes de unidades e ajustes na execução das paredes, com isso diminuir os desperdícios na fase de execução. Passando a ser considerada uma ferramenta essencial para a economia e a racionalização do empreendimento em alvenaria estrutural.

Salienta-se que um projeto bem estudado e bem definido em termos de modulação implica no aproveitamento das vantagens do sistema Alvenaria Estrutural, resultando em facilidade e redução de tempo durante a execução, minimização ou eliminação de desperdícios e geração de entulhos, gerando economia e maior qualidade no produto final. (CAMACHO, 2007)

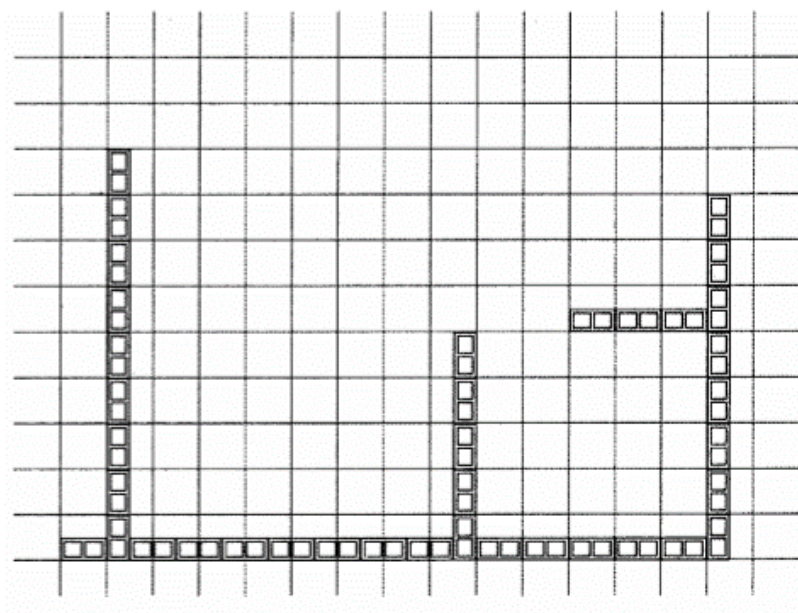
A unidade (bloco) nesse sistema é definida por três dimensões a altura, a largura e o comprimento. Com as dimensões de largura e comprimento é possível determinar o módulo horizontal ou módulo na planta baixa, já a altura determina o módulo vertical, utilizado nas elevações.

3.2.1.3 Coordenação modular horizontal

O módulo horizontal será determinado pela dimensão da largura do bloco, por exemplo, ao utilizar blocos cerâmicos portantes, que devem ter largura de 14 cm ou 19 cm, sua medida modular será a largura do bloco mais 1 cm de espessura da junta, ou seja, 15 cm e 20 cm. Com a medida modular já definida, determina-se as dimensões internas dos ambientes, sempre adotando dimensões múltiplas da medida modular adotada, no caso de a medida modular ser igual a 15 cm, teremos ambientes com 60 cm, 1,20 m, 2,10 m, etc.

Segundo Kalil (2007), quando se trabalha em um projeto de alvenaria estrutural em blocos cerâmicos deve-se sempre utilizar blocos modulados (blocos em que o comprimento é igual a duas vezes a largura mais a espessura da junta), assim é possível obter uma racionalização maior no projeto e principalmente na fase de construção, pois torna-se viável trabalhar com uma malha reticulada, com a dimensão modular adotada (15 cm ou 20 cm). É o exemplo das modulações onde se emprega blocos de dimensões nominais 19x19x39 cm ou 14x19x29 cm. Utilizando esses tipos de bloco não se torna necessário a utilização de peças especiais para modulação, sendo utilizados apenas o bloco inteiro, o meio-bloco quando necessário, os blocos 19x19x44 cm ou 14x19x44 cm para amarração no encontro de paredes em formato de “T” e os blocos canaletas. Na figura abaixo é apresentada uma malha reticulada empregada em blocos modulares.

Figura 2: Malha reticulada em blocos modulares

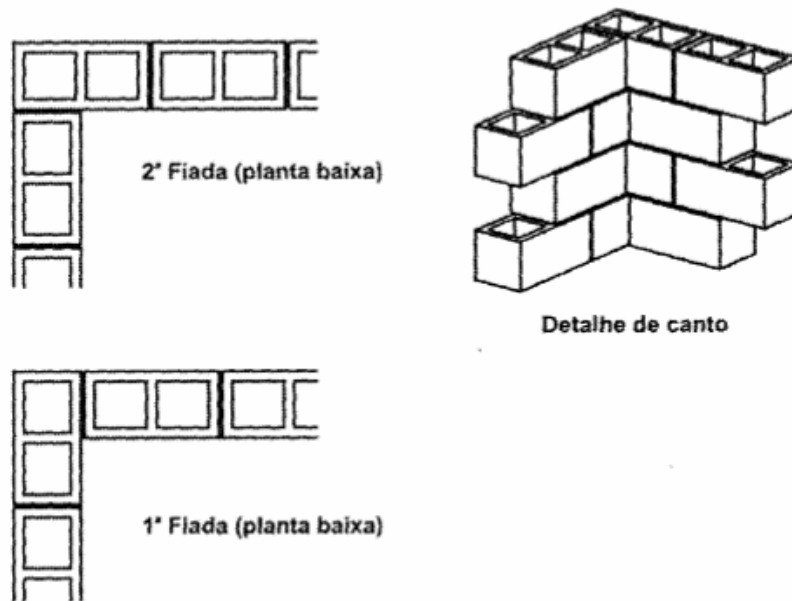


Fonte: Alvenaria Estrutural. PUCRS- Profa. Sílvia Maria Baptista Kalil (2007)

Ainda segundo Kalil (2007), os encontros de paredes são de extrema importância pois além de haver uma concentração de tensões, ocorre também a transferência de cargas de uma parede a outra. Diante disso torna-se indispensável a utilização de alguns detalhes típicos de disposição de blocos de 19x19x39 cm, 19x19x19 cm (meio-bloco), 14x19x29 cm e 14x19x14 cm.

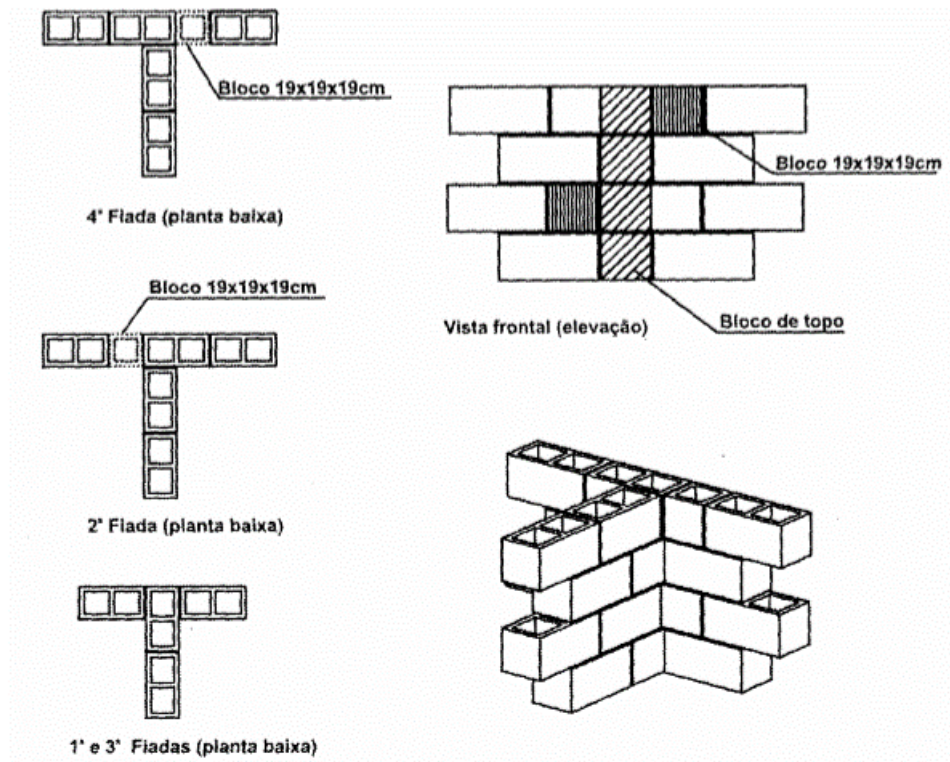
Nas figuras abaixo, são apresentados os detalhes típicos a serem utilizados nos encontros de paredes.

Figura 3: Detalhe típico do canto de paredes



Fonte: Alvenaria Estrutural. PUCRS- Profa. Sílvia Maria Baptista Kalil (2007)

Figura 4: Detalhe típico do encontro de três paredes



Fonte: Alvenaria Estrutural. PUCRS- Profa. Sílvia Maria Baptista Kalil (2007)

Como podemos notar na fase da coordenação modular é preciso preocupar-se com a formação de juntas verticais à prumo, buscando evitar sempre que possível, já que elas representam pontos de fraqueza e de surgimento de patologias, geralmente na forma de fissuras.

Nos casos em que se tornou necessário a realização de adaptações no projeto, devido a medidas internas não múltiplas de 15 cm ou 20 cm, é possível utilizar peças de pequena espessura, chamadas de compensadores, pastilhas ou bolachas. Esses blocos compensadores se encontram disponíveis no mercado com a espessura nominal de 4 cm, conseqüentemente permitem apenas pequenos ajustes. Já em casos que precisem realizar ajustes maiores como 10 cm ou 13 cm, a solução fica a cargo do projetista, levando em conta a sua criatividade e experiência profissional. Um exemplo bastante utilizado seria executar a modulação deixando espaços vazios, que posteriormente serão preenchidos com graute, compensando as dimensões não moduláveis sendo executado em baixo e em cima das aberturas das janelas.

No entanto, vale ressaltar que qualquer adaptação que precise ser feita em alvenaria estrutural causará uma perda da racionalidade, do tempo e do ritmo da construção.

3.2.1.4 Coordenação modular vertical

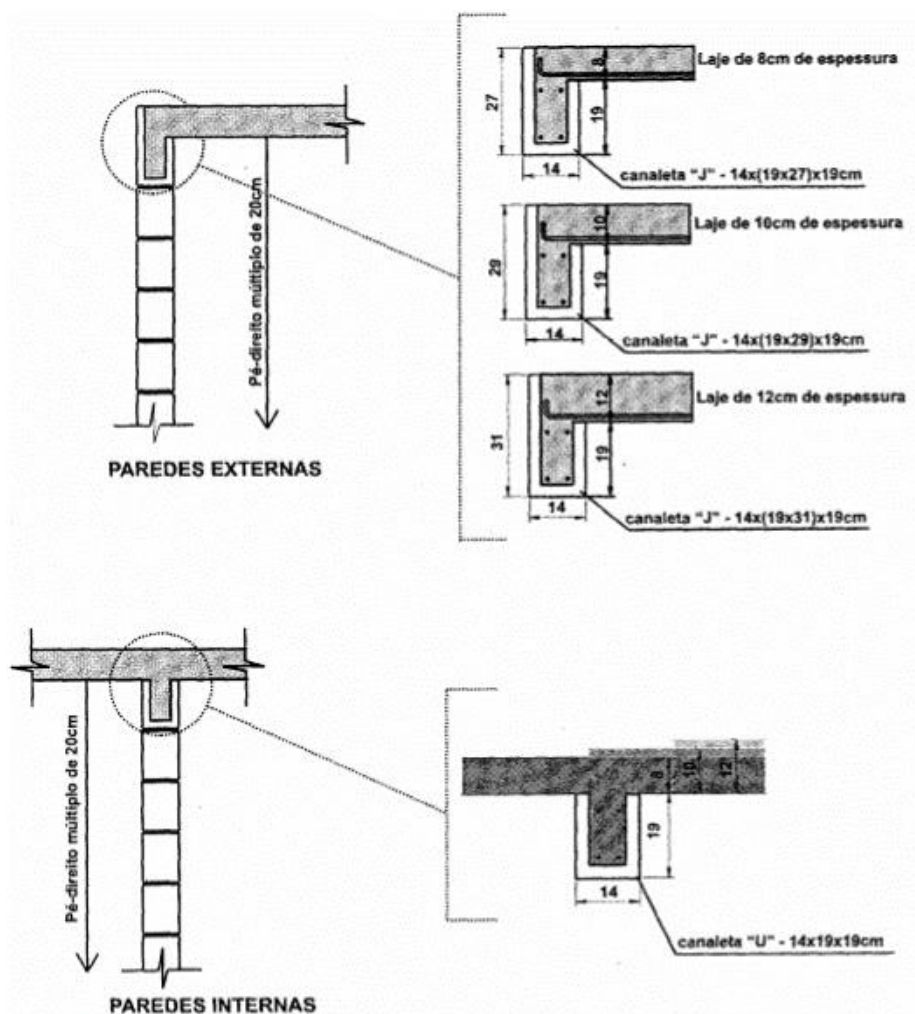
A modulação vertical tem como finalidade definir as distâncias verticais como a altura das portas, a altura das janelas, a altura do pé-direito, etc. Assim como na modulação horizontal, é ideal que todas as medidas verticais do projeto sejam múltiplas de uma dimensão do bloco, nesse caso a medida básica é 20 cm, ou seja, a altura do bloco mais a espessura da junta de argamassa.

Essa modulação pode ser realizada de duas formas, a primeira apresenta a distância modular aplicada do piso ao teto e a segunda apresenta a distância modular aplicada de piso a piso. Vale salientar que a última fiada das paredes sempre será composta pelos blocos “U” ou “J” dependendo da espessura da laje e da posição da parede, se ela é externa ou interna.

3.2.1.4.1 Coordenação modular vertical do piso ao teto

Ao utilizar essa forma de modulação vertical, deve-se elaborar a última fiada das paredes externas com os blocos tipo “J”, onde uma de suas laterais é maior que a outra, para acomodar a estrutura da laje. Já nas paredes internas a última fiada é composta pelos blocos tipo “U”, ou bloco canaleta. (KALIL, 2007)

Figura 5: Coordenação modular vertical do piso ao teto

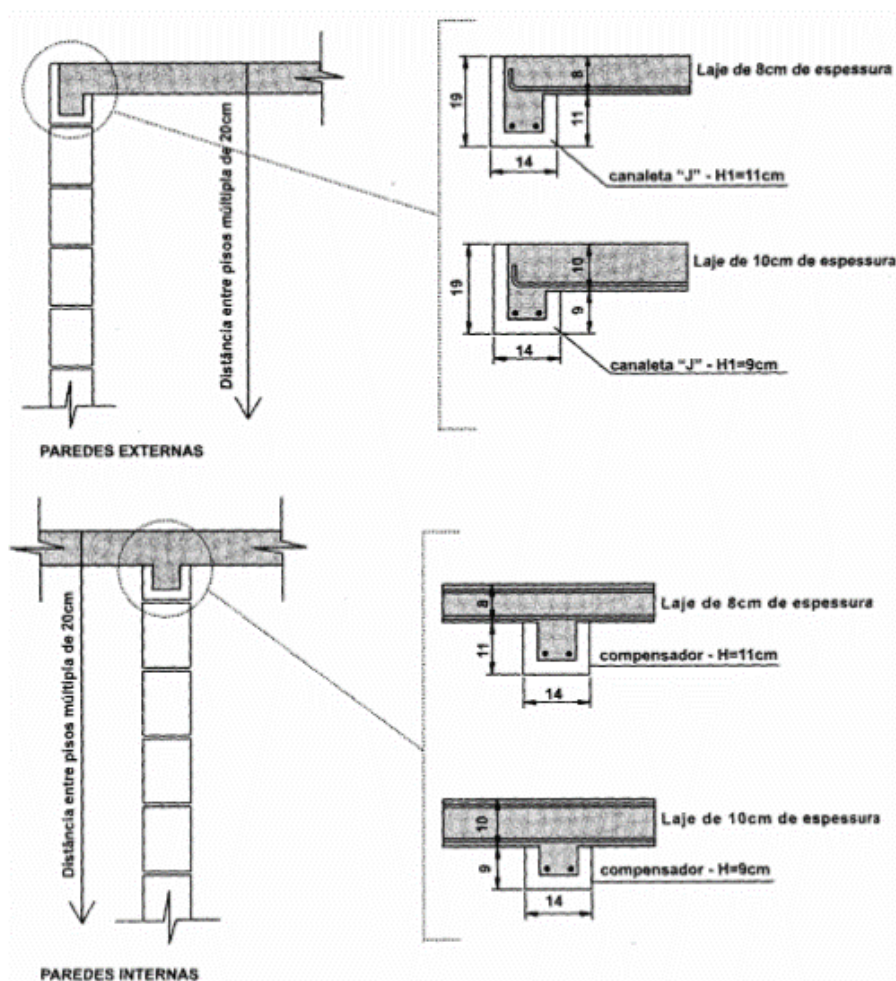


Fonte: Alvenaria Estrutural. PUCRS- Profa. Sílvia Maria Baptista Kalil (2007)

3.2.1.4.2 Coordenação modular vertical de piso a piso

Assim como na modulação vertical de piso ao teto a modulação vertical de piso a piso, apresenta a última fiada das paredes externas composta por blocos tipo "J". Nas paredes internas a última fiada será composta por blocos compensadores ou blocos tipos "U" cortados com muito cuidado no canteiro, por meio de uma ferramenta adequada. (KALIL, 2007)

Figura 6: Coordenação modular vertical de piso a piso

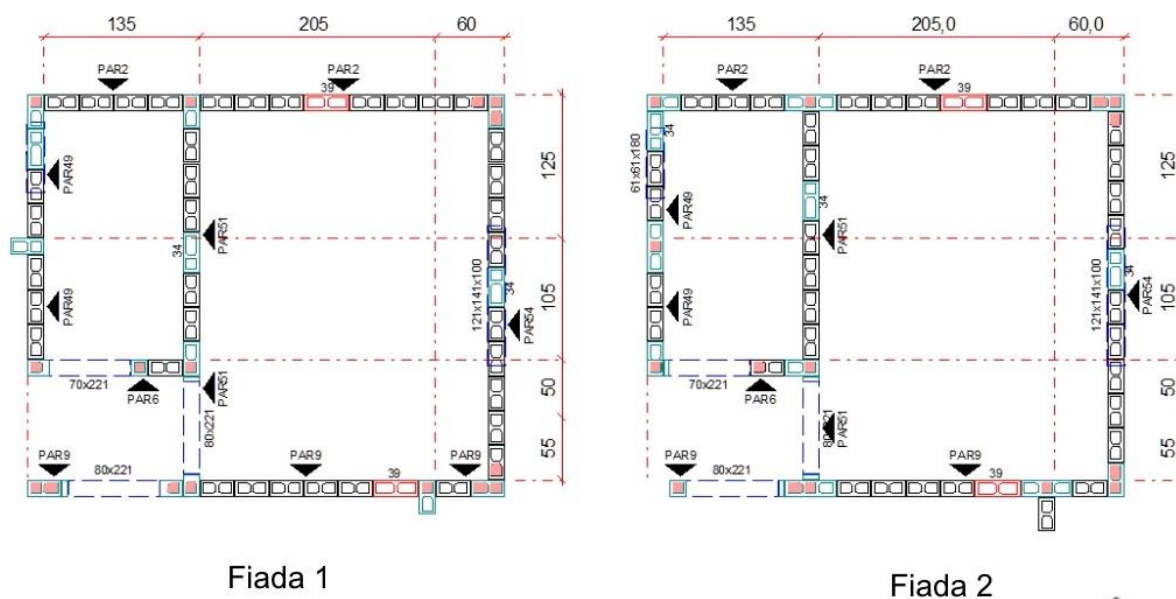


Fonte: Alvenaria Estrutural. PUCRS- Profa. Sílvia Maria Baptista Kalil (2007)

3.2.1.5 Plantas de primeira e segunda fiadas

A organização inicial é de responsabilidade das plantas de primeira e segunda fiadas, onde são mostradas as posições de cada bloco em planta baixa, inclusive com os posicionamentos dos blocos necessários para iniciar a construção, os chamados blocos-chave, estes apresentando normalmente cor diferenciada em planta para facilitar o entendimento. Além disso, constam nas plantas de primeira e segunda fiadas uma legenda indicando os tipos e as quantidades de blocos empregados, as cotas da edificação e a codificação da vista de cada parede elaborada na planta de paginação.

Figura 7: Representação de plantas de primeira e segunda fiadas

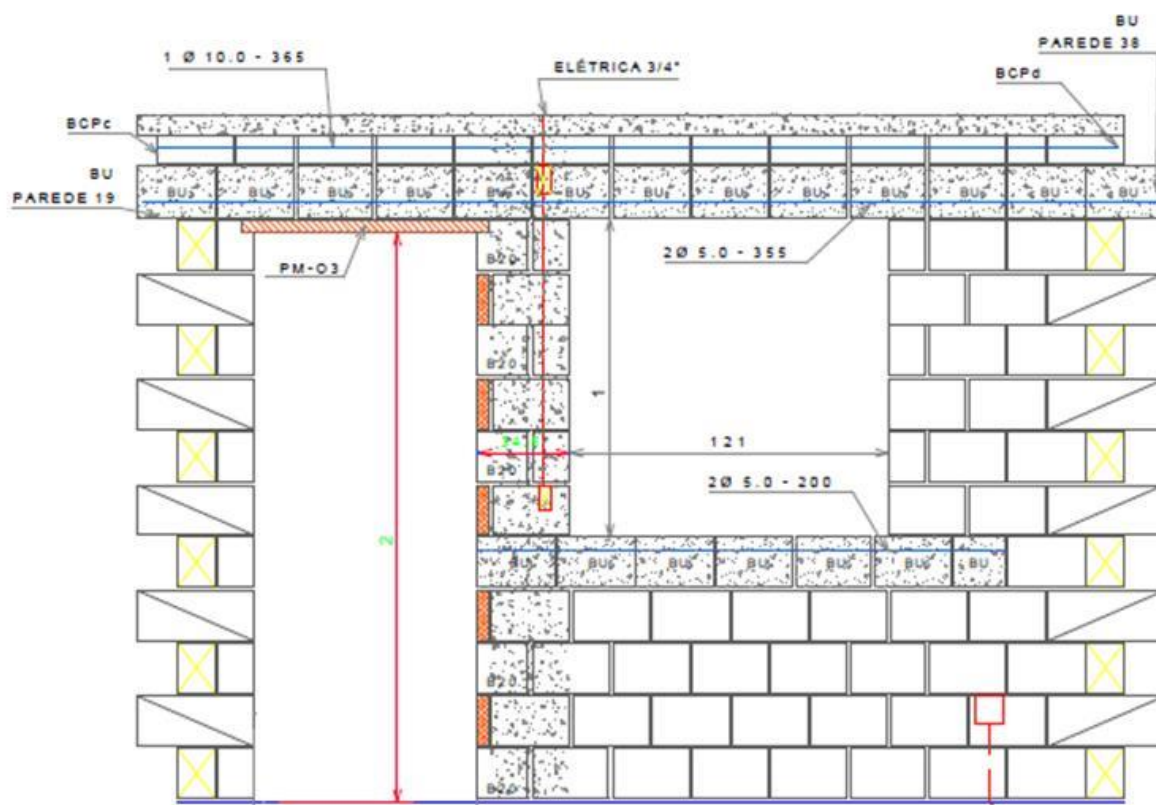


Fonte: (ALTOQI, 2017)

3.2.1.6 Paginações

A complementação das plantas de primeira e segunda fiadas, é feita pelas plantas de elevação, também chamadas de paginações. Pois nas plantas de primeira e segunda fiadas não é possível a visualização de todos os detalhes da alvenaria, como o posicionamento da descida das prumadas de luz e água, a amarração entre paredes, os blocos canaleta nas fiadas de respaldo, a existência ou não de grauteamento ou armaduras nos vazados dos blocos, etc. Recomenda-se o uso de paginação somente para as paredes que possuem aberturas, passagem de instalações ou algum outro detalhe que queira ser detalhado. (KALIL, 2007)

Figura 8: Detalhe da paginação em paredes



Fonte: (CONSTRUÇÃO, 2017)

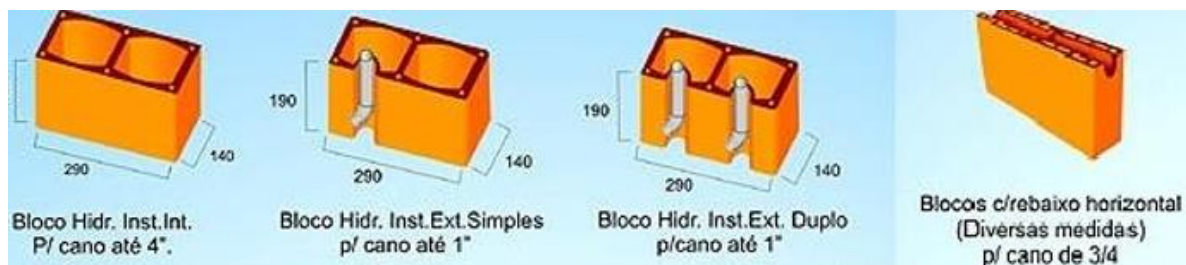
3.2.2 Projeto hidráulico

No caso dos projetos hidráulicos, o principal parâmetro que o projetista deve incorporar é o de paginação, ele consiste em elaborar o assentamento das peças, analisando os seus recortes nas paredes. Assim ao projetar a passagem da prumada vertical dos tubos hidráulicos e sanitários nas paredes, a mesma deve estar presente nas plantas de elevação das paredes, por meio do conceito de paginação.

Vale salientar que segundo a NBR 10837 – Cálculo da Alvenaria estrutural de Blocos Vazados de Concreto a passagem de tubulações que conduzam algum tipo de fluído dentro das paredes que desempenham a função estrutural é terminantemente proibida. Por esse motivo, se utiliza paredes de vedação, também chamadas de paredes hidráulicas, para a passagem da tubulação hidráulica. Na vertical os encanamentos de água fria e quente devem descer pelos furos dos blocos até o ponto desejado, ou através de blocos hidráulicos que possuem um formato especial, quando ocorrem trechos horizontais a passagem da tubulação é feita por baixo da laje

de teto e acima do forro, caso ocorra por dentro da parede, também se pode fazer uso dos blocos hidráulicos, como demonstrado na figura a seguir.

Figura 9: Blocos hidráulicos



Fonte: Alvenaria Estrutural. PUCRS- Profa. Maria Regina Costa Leggerini

Como já foi mencionado anteriormente, não é permitido a execução de rasgos para o embutimento das instalações nas paredes portantes em edificações executadas em alvenaria estrutural, pois além do desperdício e do elevado consumo de material e mão de obra empregado nessa operação, deve-se ater ao fator de que nesse sistema as paredes são portantes, por isso se torna inviável tal procedimento devido a redução da seção resistente.

A melhor solução para esses casos é a implantação de “shafts”, no entanto esse procedimento deve ser abordado juntamente com alguns fundamentos no projeto arquitetônico, por exemplo, a elaboração de um projeto em que as cozinhas e banheiros sejam posicionadas o mais próximo possível. Os “shafts” podem ser executados de duas formas: interrompendo-se a parede para a passagem da tubulação ou passando junto à parede estrutural.

Figura 10: Detalhe de “shaft” interrompendo a parede

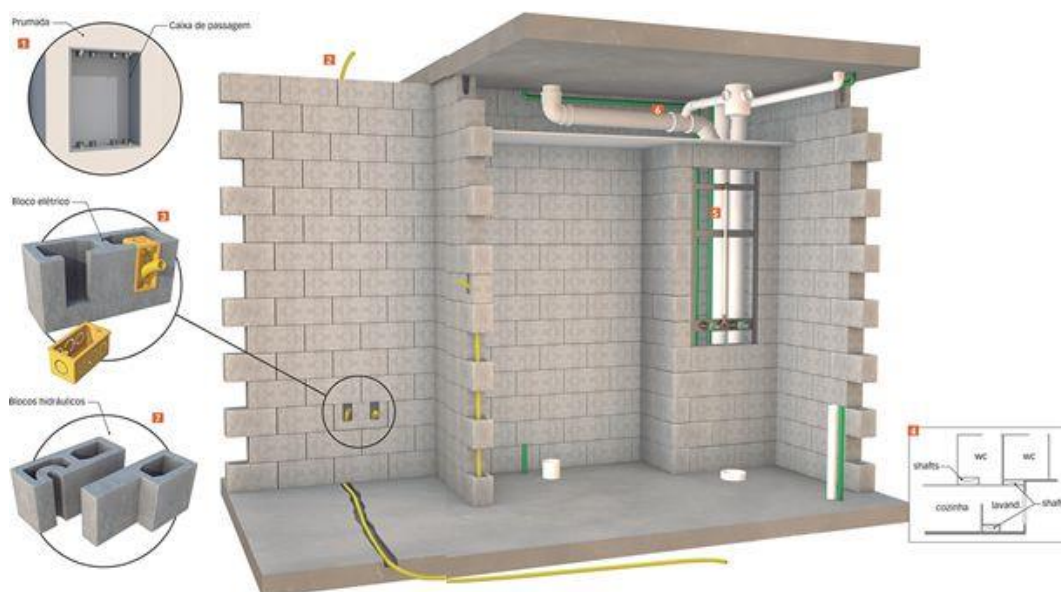


Fonte: (CONSTRUÇÃO, 2017)

3.2.3 Projeto elétrico

Os projetos elétricos e de telefonia se assemelham ao projeto hidráulico em relação a passagem dos seus eletrodutos utilizando os vazados dos blocos, eliminando a necessidade de rasgos principalmente horizontais na alvenaria. A tubulação elétrica desce pelos blocos em cada ponto de força ou ponto telefônico. Não são necessários rasgos nos blocos para abertura de caixas de luz, interruptores ou de telefonia, pois são fornecidos pelos fabricantes blocos especiais elétricos, já com a abertura para o embutimento dessas caixas. Quando temos pontos muito próximos um do outro utiliza-se um eletroduto de ligação, onde passa de um bloco para o outro pela região central superior das paredes transversais do mesmo, através de rasgos executados nos locais indicados com o auxílio de serras.

Figura 11: Instalações prediais em edificações de alvenaria estrutural



Fonte: (COLTRI, 2016)

O fato de haver uma grande racionalização na execução de uma obra em alvenaria estrutural se deve também a praticidade de execução das instalações elétricas e hidrossanitárias. No entanto, sua manutenção e reparo das tubulações, são consideradas situações críticas de imóveis construídos com esse sistema, diante disso a execução das instalações prediais exige uma minuciosa atenção.

Todo o processo de produção deve ser muito bem planejado pelo arquiteto, pelo engenheiro estrutural e pelos engenheiros de sistemas prediais. Tudo começa pelo projeto de arquitetura, que dá origem ao projeto de modulação da alvenaria estrutural e pela definição da primeira fiada", diz o professor de engenharia Ronaldo Suzuki, da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Ele explica que, somente depois que a primeira fiada é definida e todos os shafts projetados, o engenheiro de sistemas prediais pode dar início aos projetos de hidráulica e de elétrica. (COLTRI, 2016)

As dimensões e a localização das aberturas para as caixas de passagem e para os quadros de distribuição devem ser informadas ao projetista estrutural, com o objetivo de se prever um eventual reforço estrutural devido à integridade estrutural da parede que será prejudicada pela abertura. (KALIL, 2007)

Ainda segundo Kalil (2007) deve-se ter um cuidado especial quando os pontos de luz e interruptores forem localizados ao lado das aberturas das portas, pois a primeira prumada de vazados após a abertura é normalmente grauteada, com isso não permitindo posterior embutimento das caixas.

3.2.4 Projeto estrutural

Para edificações em alvenaria estrutural o fator essencial para garantir integridade estrutural do empreendimento está relacionado a resistência aos esforços provocados pela força do vento. No entanto, a norma NBR 10837 (ABNT, 1989) prevê que, em edificações de até 5 pavimentos em alvenaria estrutural, não há a necessidade de considerar a ação do vento. No caso dos edifícios que possuem mais de 5 pavimentos, uma das soluções para a atuação do vento é a utilização de formas simétricas com áreas equivalentes, reduzindo assim os esforços de torção, os quais são responsáveis por comprometer a estrutura de alvenaria não armada.

Segundo Machado (2014), na concepção do projeto estrutural se determina o traçado da distribuição inicial das paredes resistentes, as de contraventamento e as paredes não resistentes, bem como a determinação da tipologia da laje.

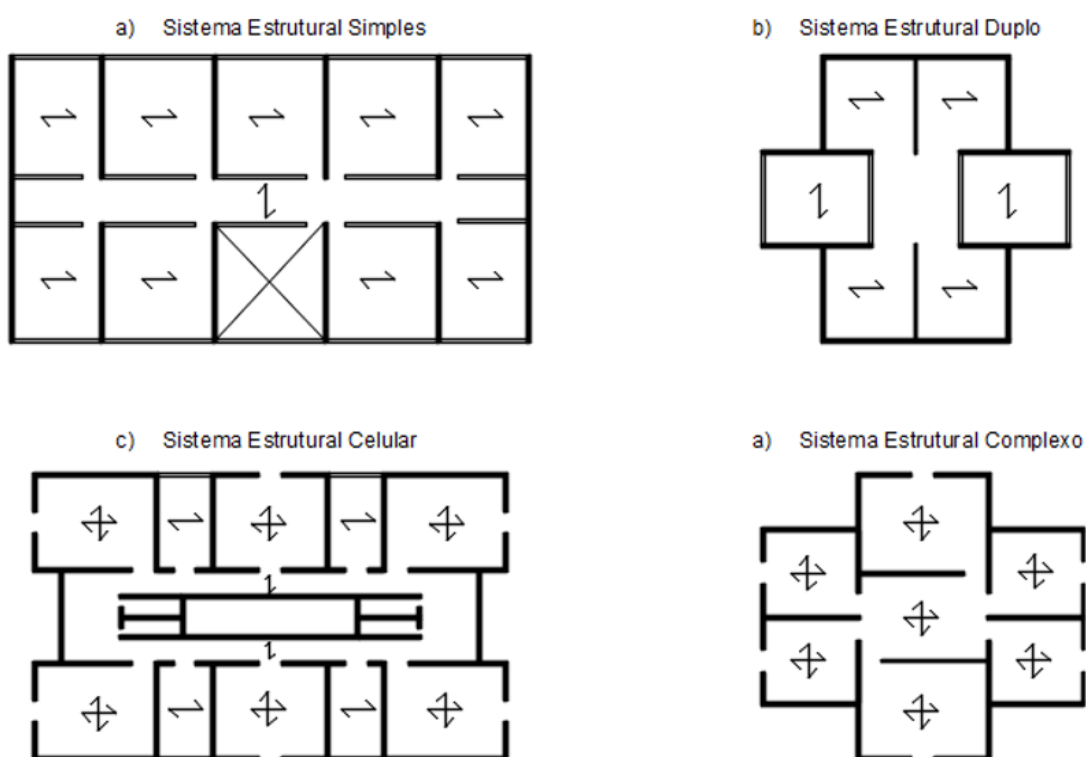
- Paredes resistentes, também intitulada de paredes estruturais ou portantes, são dimensionadas através de processos racionais de cálculo para resistir as cargas além do seu peso próprio. São as paredes estruturais que suportam as sobrecargas de ocupação do edifício e os demais elementos estruturais do prédio sobre elas, como as lajes, escadas, sacadas, etc.
- Paredes de contraventamento possuem a finalidade de promover o travamento da estrutura. Também denominadas como “paredes de travamento” ou “pilar-parede”, destinam-se ao suporte das cargas horizontais paralelas ao seu plano, ou seja, são estas

que absorvem esforços provenientes de ações externas e de efeitos de segunda ordem, como a ação do vento, abalos sísmicos e desaprumo.

- Paredes não resistentes não possuem a finalidade de suporte de cargas além do seu peso próprio. Elas possuem função de vedação, servindo para dividir ambientes internos ou podendo ser uma parede hidráulica, com finalidade de embutir tubulações.

O sistema estrutural da edificação se encontra inteiramente associado a um conjunto de elementos, a forma do prédio que está associado a distribuição das paredes, que por sua vez, determina a distribuição das armaduras das lajes. Segundo Machado (2014), os sistemas estruturais são classificados em quatro grupos: simples, duplo, celular e complexo, representados na figura 9.

Figura 12: Os sistemas estruturais



Fonte: (MACHADO, 2014)

No sistema estrutural simples (a), há a predominância de paredes transversais ao longo do eixo longitudinal na edificação (edificações de planta retangular alongada). Assim, as paredes resistentes garantem a estabilidade transversal e as paredes de contraventamento, a estabilidade longitudinal. Os principais empreendimentos construídos são hotéis, hospitais, escolas e demais edifícios que exigem paredes longitudinais externas com muitas aberturas.

No sistema estrutural duplo (b), as paredes resistentes se dispõem em direções ortogonais, mesmo que as lajes tenham de ser armadas em uma só direção.

Em edifícios residenciais e hotéis, há predominância do sistema estrutural celular (c), pois permite a ocorrência de paredes resistentes com os compartimentos, formando células, podendo as lajes serem armadas nas duas direções.

Por fim, o sistema estrutural complexo (d) é uma mistura de todos os sistemas anteriores e ainda contam com a contribuição de núcleos resistentes para complementar a rigidez exigida.

3.2.4.1 Fundações

A determinação do tipo de fundação sempre fica a cargo do projetista estrutural. Assim como para qualquer tipo de sistema construtivo, o projeto de fundação do empreendimento deve abordar alguns aspectos, como a qualidade do solo onde será executada a edificação, a disposição e os valores das cargas nas fundações, como também os aspectos técnicos e econômicos impostos pelo mercado ou pelo cliente.

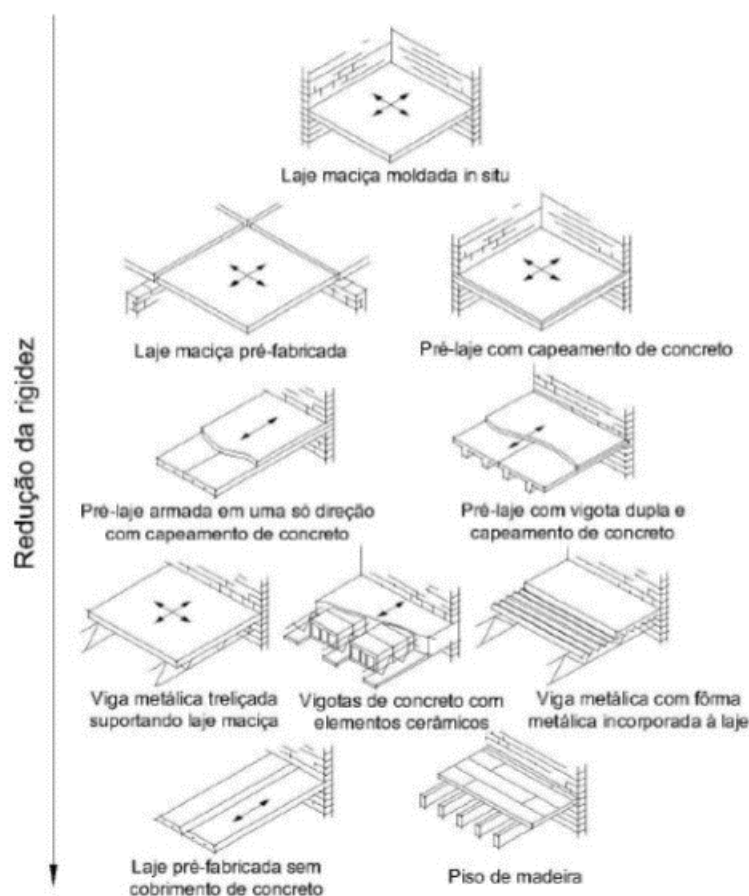
Como na alvenaria estrutural as paredes são os elementos portantes, as cargas chegam às fundações de forma distribuída ao longo do comprimento das mesmas, favorecendo o emprego de fundações contínuas. Normalmente empregam-se sapatas contínuas, mas isso vai depender do tipo de solo onde se localiza a edificação. Uma alternativa para solos com baixa capacidade portante seria o uso de estacas alinhadas espaçadas entre si no máximo 3 m, onde sobre elas é executada uma viga baldrame para a distribuição das cargas. (KALIL, 2007)

Em obras de pequeno porte são geralmente empregadas sapatas isoladas ao invés de sapatas contínuas.

3.2.4.2 Lajes

A determinação da tipologia da laje em edifícios de alvenaria estrutural está diretamente relacionada com a necessidade de que as lajes trabalhem em conjunto com as paredes na contenção dos esforços horizontais. Logo, a escolha das lajes está claramente associada com o fator de rigidez necessário, assim como mostra a figura 10.

Figura 13: Sistemas de lajes de entrepiso conforme sua rigidez em atuar como diafragma.



Fonte: MACHADO, (2014)

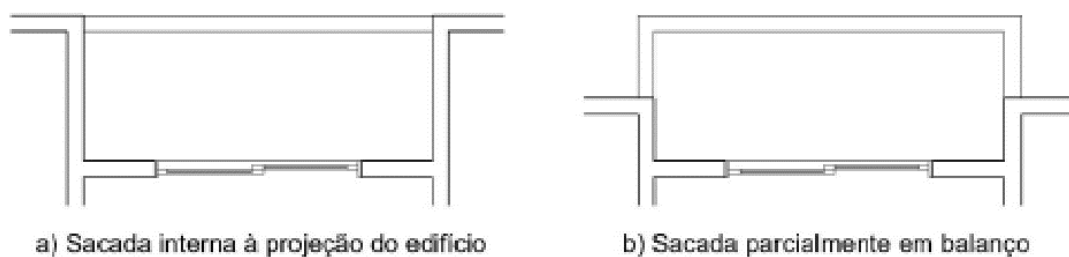
As lajes maciças armadas nas duas direções apresentam maior rigidez, conferindo uma maior distribuição dos esforços horizontais e verticais. Assim, é o sistema mais indicado para edifícios mais altos, que sofrem maior influência das ações do vento. Entretanto, apesar de apresentar maior segurança do ponto de vista estrutural, no ponto de vista econômico este tipo de laje exige a utilização de formas, escoramentos e amarrações, indo contra os ideais de racionalização construtiva da obra. (MACHADO, 2014)

Uma solução prática seria o uso de lajes-painel treliçadas. Possuem a mesma concepção das lajes maciças, porém são produzidas em duas etapas, sendo a primeira em fábrica, onde são deixados os orifícios para posterior colocação das instalações, sendo colocadas treliças metálicas para enrijecer o conjunto para o içamento. Esse painel é içado por meio de uma grua de pequeno porte, após são colocados os dutos a serem embutidos e executa-se a concretagem da capa superior da laje. (KALIL, 2007)

3.2.4.3 Sacadas

No caso de haver projetos com a presença de elementos em balanço nas fachadas, projetadas para fora da projeção da edificação, como sacadas e marquises, deve-se haver um cuidado especial. Esses elementos devem ser devidamente estudados, pois podem introduzir cargas concentradas em áreas relativamente pequenas, elevando consideravelmente as tensões de compressão, induzindo a formação de fissuras. Ao buscar soluções para esses casos, o projetista deve primeiramente garantir o desempenho da estrutura, sendo assim pode-se adotar dois tipos de elementos, as sacadas internas à projeção do edifício, os chamados nichos, ou com apenas uma parte avançando, em balanço, em relação à projeção da fachada, como demonstra a figura 13.

Figura 14: Tipos de sacadas mais apropriadas para edifícios em alvenaria estrutural



Fonte: (MACHADO, 2014)

A solução “a” apresenta a sacada em balanço engastada em viga, submetida à torção. A solução “b” apresenta a sacada em balanço com prolongamento para ancoragem. Em ambas as soluções, todas as vigas e transpasses devem ser dimensionados por cálculo adequado e detalhadas em projeto. Assim, no projeto arquitetônico, é importante o detalhamento das sacadas para representar a execução do rebaixo da laje e informar as características dos elementos estruturais farão parte do sistema. (MACHADO, 2014)

3.2.4.4 Juntas de controle e dilatação

a) Juntas de controle

As juntas de controle são preconizadas exclusivamente em edifícios de alvenaria estrutural por exercerem a função de estabelecer os limites das dimensões de um painel de alvenaria, buscando extinguir as elevadas concentrações de tensões decorrente da dilatação dos

materiais que ocorre devido as variações térmicas, como também desvincular os painéis de alvenaria que apresentam solicitações diferenciadas. Dessa forma, evitando o surgimento de fissuras.

Segundo Machado (2014) apud Duarte (1999), as juntas de controle se classificam em:

- **Juntas de contração ou retração:** utilizadas para acomodar movimentos devido à retração das paredes causadas pelas variações de temperatura;
- **Juntas de expansão:** necessárias para alvenaria de blocos ou tijolos cerâmicos não revestidos com argamassa na face externa e servem para acomodar as expansões do material cerâmico pela incorporação da umidade da chuva na face externa da parede;
- **Juntas horizontais:** são empregadas nas uniões de lajes com paredes para permitir que as deformações e movimentações das lajes não transmitam esforços para as paredes nas quais estão apoiadas.

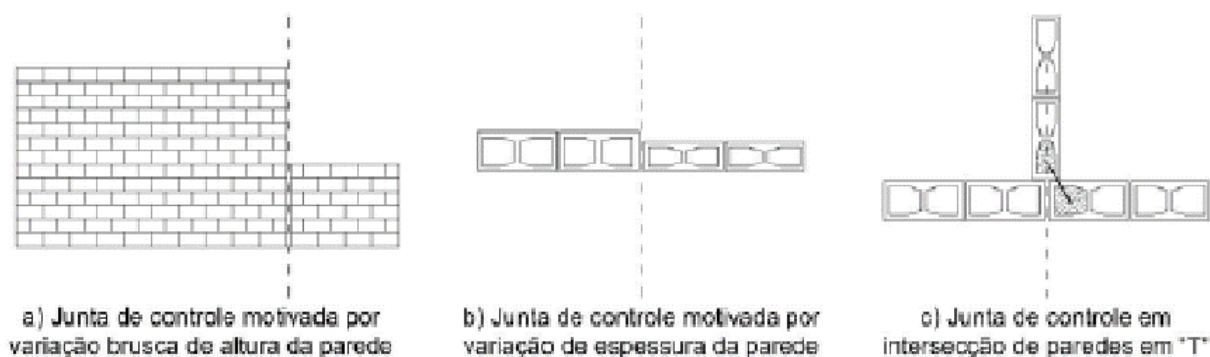
A correta disposição das juntas de controle é um dos fatores essenciais para evitar futuras patologias. Devido a isso, é conveniente que seja feita uma análise e representação dessas juntas já na fase de projeto.

Usualmente, a junta de controle é da ordem de 10mm e a determinação do espaçamento entre elas depende de fatores associados ao clima, tipo de argamassa, carregamento e as condições de exposição da parede. (MACHADO, 2014)

Segundo Machado (2014) é recomendado que a utilização desse elemento construtivo aconteça preferencialmente quando:

- Houver variações bruscas na altura da parede;
- Houver variações na espessura da parede;
- Encontrar-se próximo às intersecções de encontros de paredes em L, T ou U.

Figura 15: Exemplos de juntas de controle



Fonte: (MACHADO, 2014)

b) Juntas de dilatação

As funções das juntas de dilatação em projetos de alvenaria estrutural possuem as mesmas funções de projetos estruturais convencionais de concreto armado. Sendo elas normatizadas pela NBR 10837 (ABNT), 1989, ela recomenda que a distância máxima entre juntas de dilatação não exceda o valor 20 metros em edifícios de alvenaria estrutural não armada.

3.2.4.5 Elementos de reforço

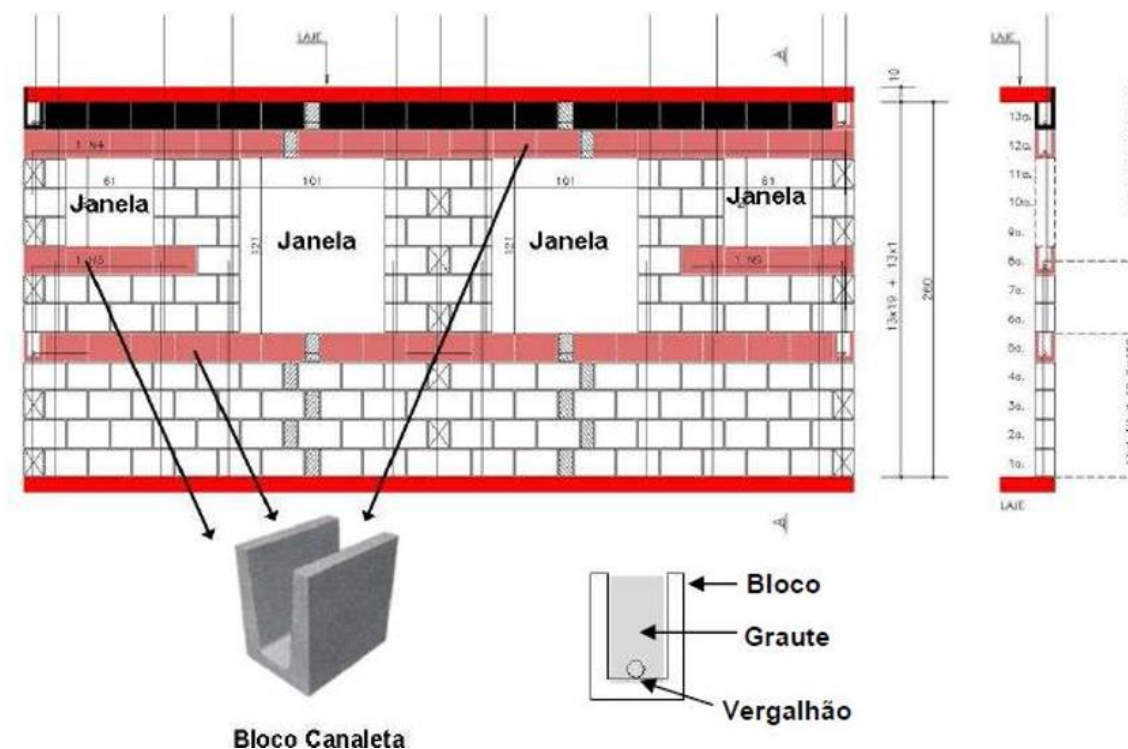
Como já foi mencionado, em alvenaria estrutural as paredes são os elementos portantes da edificação, assim, a atenção nesses elementos é de deveras importância, principalmente em algumas situações, como: vãos de portas e janelas, quando ocorrer uma concentração de aberturas em uma mesma parede, em vãos com grandes extensões e quando houver a ocorrência de apoios de elementos estruturais, como vigas, nas paredes.

3.2.4.5.1 Vergas e contra-vergas

As aberturas de portas e janelas devem ser constituídas de vergas e contra-vergas para garantir a estabilidade do sistema, pois promovem a distribuição das tensões concentradas nos cantos e absorção dos esforços horizontais, evitando assim o surgimento de patologias.

Todas as vergas e contra-vergas são especificadas em projeto, especificamente na paginação das paredes, elas podem ser empregadas por peças pré-moldadas, moldadas in loco ou podem ser executadas por blocos canaleta armados com vergalhões preenchidos por graute, devem possuir um comprimento prolongado de no mínimo a medida do comprimento de um bloco canaleta (19 cm) para portas e de dois blocos canaletas para as janelas para ambos os lados do vão.

Figura 16: Representação das vergas e contra-vergas no projeto de alvenaria estrutural



Fonte: (MACHADO, 2014)

O dimensionamento das vergas e contra-vergas deve ser efetuado em conformidade com o modelo preconizado pela norma NBR 10837 (ABNT, 1989). Segundo a norma, nas seções horizontais acima e abaixo de aberturas, a distribuição da carga é feita excluindo as zonas limitadas por planos inclinados a 45° , tangentes às bordas de abertura. Para o cálculo da verga só é necessário tomar como carregamento o peso da parte da parede compreendida no triângulo isósceles definido sobre esta. A carga uniformemente distribuída do pavimento acima do triângulo referido não é considerado no dimensionamento da verga. Da carga de um pavimento que atue sobre a parede dentro daquele triângulo, como carga uniformemente distribuída, só é considerada a parte compreendida no triângulo.

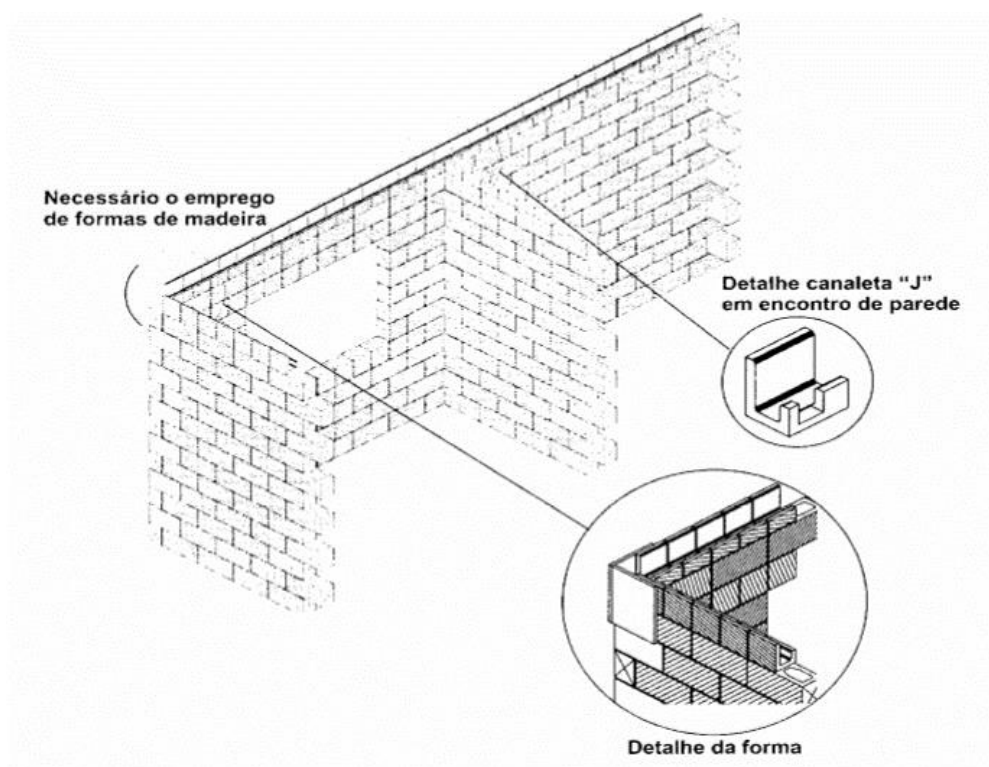
Ainda segundo a NBR 10837 para cargas concentradas sobre vergas de portas e janelas que se apliquem no interior ou na proximidade do triângulo de carga, é adotado uma distribuição a 60° . Se a carga concentrada ficar fora do triângulo de carga, só deve ser considerada a carga uniforme distribuída dentro do vão da verga. À carga uniformemente distribuída, há que se acrescentar o peso da alvenaria situada dentro do triângulo de carga sobre a verga.

3.2.4.5.2 Cintas de amarração

As cintas de amarração são elementos estruturais apoiados sobre as paredes, com a função de distribuir e uniformizar as cargas atuantes sobre as paredes de alvenaria. São aplicadas em paredes onde há uma concentração de 2 ou mais aberturas, funcionando como uma verga contínua. Sua utilização nas edificações ainda previne recalques diferenciais que não tenham sido considerados e auxilia no contraventamento e amarração das paredes. (KALIL, 2007)

Ainda segundo Kalil (2007), as cintas de amarração podem ser executadas em concreto armado ou com blocos canaleta e blocos “J” preenchidos com graute e armadura. Nas paredes externas são empregados os blocos “J” para evitar o uso de formas de madeira, já nas paredes internas a cinta de amarração é executada com os blocos canaleta tipo “U” quando o pé-direito é múltiplo de 20 cm e com blocos compensadores quando a distância entre pisos é múltipla de 20 cm. O principal problema que temos na execução das cintas são os cantos e encontros de paredes, onde não há um encaixe entre os blocos, sendo necessário a utilização de formas de madeira ou ser executado um corte na aba da canaleta, como demonstrado na figura abaixo.

Figura 17: Cinta de amarração-detalle de canto e encontro das paredes



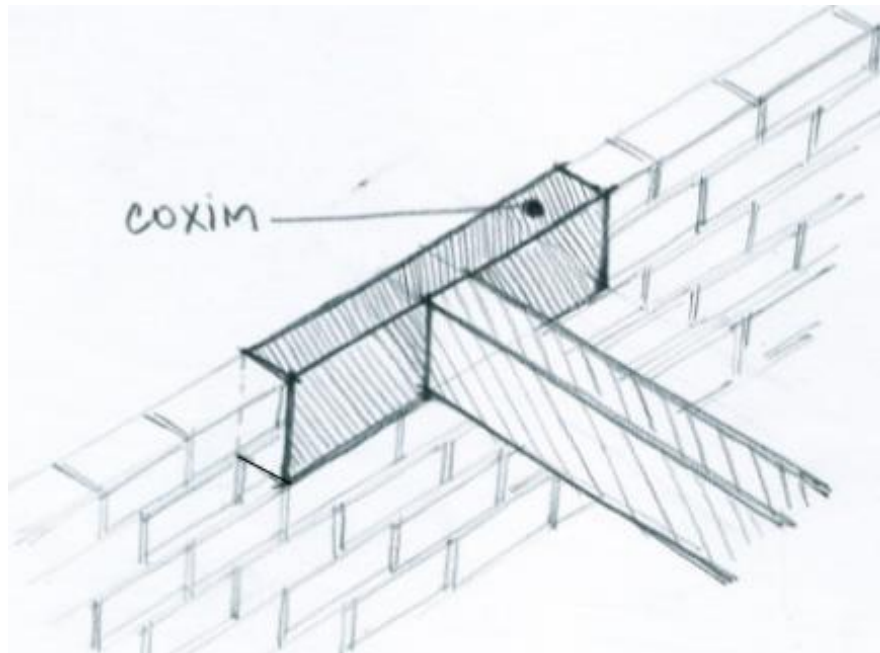
Fonte: Alvenaria Estrutural. PUCRS- Profa. Sílvia Maria Baptista Kalil (2007)

3.2.4.5.3 Coxins

O coxim é um elemento auxiliar que se comporta como uma extensão lateral da viga, ele se encontra localizado nas extremidades das vigas. Ele é responsável por distribuir as cargas concentradas das vigas na alvenaria, evitando o esmagamento e o aparecimento de fissuras nas alvenarias oriundos dessa carga concentrada. Normalmente são executados em concreto armado.

Eles devem ter no mínimo a altura da viga que apoia e comprimento calculado em função da reação da mesma, para que seja suficiente ao ponto de não permitir o surgimento de tensões normais maiores do que as admitidas. Sendo assim, se torna necessário garantir a sua rigidez para que a distribuição de tensões na parede seja uniforme.

Figura 18: Representação gráfica de um coxim



Fonte: Estruturas I – Faculdade de Arquitetura. PUCRS- Profas.: Maria Regina C. L. / Sílvia Baptista Kalil

4 PAREDES DE CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO

4.1 Materiais e componentes do sistema

De acordo com todos os autores estudados nesse trabalho, houve uma concordância em suas ideias, todos argumentam de que todo conjunto de materiais deve vir acompanhado no projeto e serem checados se todos encontram-se presentes, para não haver atrasos na execução por falta de material, sendo eles armazenados adequadamente, seguindo as orientações do fornecedor, a fim de se aproveitar ao máximo a sua vida útil.

4.1.1 Fôrmas

As fôrmas são estruturas provisórias responsáveis por moldar o concreto fresco para a composição das paredes estruturais. A resistência a pressões de compressão do lançamento de concreto desses elementos metálicos, até a solidificação do mesmo é o fator decisivo para a configuração de um elemento estrutural resistente e de boa qualidade. Para isso, as fôrmas devem ser estanques e favorecer rigorosamente a geometria das peças que estão sendo moldadas.

Figura 19: Montagem de fôrmas metálicas



Fonte: (CIDADES, 2017)

Para iniciar o processo de posicionamento dos painéis metálicos é necessário que haja uma integração entre os diversos projetos constituintes do sistema, assim a elaboração do projeto de paginação também se torna um elemento primordial para a qualidade do processo construtivo.

O projeto de fôrma deve abordar o detalhamento dos seguintes itens:

- Posicionamento dos painéis;
- Equipamentos auxiliares;
- Peças de travamento e prumo;
- Escoramento;
- Sequência de montagem e desmontagem.

Para o sistema construtivo de paredes de concreto são recomendados três tipos de fôrmas, são elas:

- **Fôrmas plásticas**, utilizam quadros e chapas feitos em plástico reciclável, tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada, sendo contraventados por estruturas metálicas. São consideradas as fôrmas mais baratas e que menos podem ser reutilizadas, cerca de 100 vezes;
- **Fôrmas metálicas**, utiliza quadros e chapas metálicas tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada. O material mais usado é o alumínio, por ser mais leve e resistente. Outro material usado nesse tipo de fôrma é o aço. São consideradas as fôrmas mais caras e que mais podem ser reutilizadas, cerca de 1000 vezes;
- **Fôrmas mistas**, são compostas por quadros em peças metálicas (aço ou alumínio) e utilizam chapas de madeira compensada ou material sintético para dar o acabamento na peça concretada. As chapas são parte da fôrma que mantém o contato com o concreto.

Tabela 5: Comparação dos sistemas de fôrmas

Tipos de fôrmas	Vantagens	Desvantagens
Fôrmas plásticas	• Painéis leves • Baixo custo de aquisição • Possibilidade de modelação • Disponibilidade de locação	• Dificuldades com prumo e alinhamento • Baixa qualidade no acabamento superficial • Baixa durabilidade • Carência de fornecedores
Fôrmas metálicas (alumínio)	• Painéis duráveis • Equipamento leve • Qualidade no prumo e alinhamento • Bom acabamento superficial • Rapidez na montagem dos painéis • Boa estanqueidade	• Alto custo para aquisição • Pouca disponibilidade no mercado nacional • Dificuldade de modulação • Necessidade de captação de mão de obra
Fôrmas mistas (metálicas + compensado)	• Equipamento de baixo custo • Maior durabilidade • Montagem fácil • Bom acabamento superficial • Grande disponibilidade no mercado	• Painéis mais pesados • Necessidade de troca frequente das chapas • Dificuldade de modulação • Grande quantidade de peças soltas

Fonte: (BARROS, 2015)

4.1.2 Concreto

O concreto é o principal elemento do sistema Parede de Concreto, por isso ocorre uma exigência na análise após a elaboração ou compra deste componente. O sistema Parede de Concreto requer que o concreto adotado tenha boa trabalhabilidade. Essa propriedade é fundamental para o preenchimento completo das fôrmas, sem segregações, e para o bom acabamento da superfície. Sendo assim, a garantia de uma produção mais eficiente ocorre a partir de concretos dosados em centrais e fornecidos ao canteiro em caminhões-betoneira. Pois, nas concreteiras ocorre um melhor controle da qualidade de agregados, uma precisão das

medidas em peso e em volumes, tendo a garantia da empresa pelo desempenho do concreto produzido.

Figura 20: Concretagem de uma parede de concreto



Fonte: (CIDADES, 2017)

Segundo a página da Comunidade da Construção (2017) quatro tipos de concreto são recomendados para o sistema Parede de Concreto. São eles:

- **Concreto celular (Tipo L1)**, tem como principais características a baixa massa específica e o bom desempenho térmico e acústico, pois inclui uma espuma que gera grande quantidade de bolhas. Devido à sua baixa resistência mecânica, é indicado para compor paredes de casas de até dois pavimentos sem laje de cobertura. Em edifícios, pode ser usado nas paredes do último pavimento, desde que também não suportem laje de cobertura;
- **Concreto com alto teor de ar incorporado – até 9% (Tipo M)**, com características mecânicas e termoacústicas similares às do concreto celular, este concreto também é recomendado para paredes de casas com até dois pavimentos ou paredes do último andar de prédios sem laje de cobertura;

- **Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica (Tipo L2)**, preparado com agregados leves, tem bom desempenho térmico e acústico, mas levemente inferior ao desempenho dos concretos tipos L1 e M. Pode ser usado em qualquer estrutura que necessite de resistência de até 25 MPa. Apenas a argila expandida deve ser usada como agregado leve, pois outras opções não atingem a resistência necessária;
- **Concreto convencional ou concreto auto adensável (Tipo N)**, O concreto auto adensável possui dois atributos relevantes: sua aplicação é muito rápida, feita por bombeamento, e a mistura é extremamente plástica, dispensando o uso de vibradores. Observadas essas características, podemos considerá-lo uma ótima alternativa para o sistema Parede de Concreto. Em geral, o concreto auto adensável usa aditivos superplastificantes adicionados na obra, os quais perdem o efeito aproximadamente 40 minutos após sua adição ao concreto. Evidentemente, é possível usar o concreto convencional, desde que este tenha uma trabalhabilidade adequada com o método de transporte, a espessura das paredes e lajes e que se evite segregações nas partes inferiores das fôrmas verticais.

Tabela 6: Resumo das tipologias de concreto

Tipo	Concreto	Massa específica (kg/m³)	Resistência mínima à compressão (MPa)	Tipologia usualmente utilizada
L1	Celular	1500-1600	4	Casa até 2 pavimentos
L2	Com agregado leve	1500-1800	20	Qualquer tipologia
M	Com alto teor de ar incorporado	1900-2000	6	Casa até 2 pavimentos
N	Convencional ou Auto adensável	2000-2800	20	Qualquer tipologia

Fonte: (CONSTRUÇÃO, 2017)

4.1.3 Armaduras

A armação adotada neste sistema é a tela soldada posicionada no eixo vertical da parede. No caso de bordas, vãos de portas e janelas se utiliza os reforços de telas ou barras de armadura

convencional. Quando são projetos de edifícios mais altos, as paredes devem receber duas camadas de telas soldadas, posicionadas verticalmente, e reforços verticais nas extremidades das paredes.

No sistema Parede de Concreto as armaduras possuem três funções básicas, resistir a esforços de flexo-torção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás.

Figura 21: Demonstração da instalação elétrica fixada nos painéis internos



Fonte: (CIDADES, 2017)

As barras de aço, telas soldadas e armaduras pré-fabricadas não devem ser danificadas durante as operações de transporte, armazenagem e posicionamento no elemento estrutural. Além disso, cada produto deve ser claramente identificável na obra, de maneira a evitar trocas involuntárias de posições.

As telas soldadas podem ser estocadas de duas maneiras:

- **Estocagem horizontal**, solução prática quando dispomos de grandes áreas para armazenamento de material;
- **Estocagem em cavaletes**, quando temos limitações de áreas para armazenamento na obra.

Nos dois casos, as telas soldadas devem ser separadas por tipo, posição e local de aplicação, facilitando a montagem na frente de serviço.

As especificações do projeto estrutural definem o modo e a ordem de como deverá ser feita a montagem das telas soldadas e dos reforços. Primeiramente, se procede com a montagem da armadura principal, em tela soldada, logo em seguida, acrescentamos as armaduras de reforços, ancoragens de cantos e cintas.

4.2 Particularidades nos projetos

4.2.1 Projeto arquitetônico

A tecnologia baseada na moldagem de paredes “in loco” utilizando fôrmas preenchidas com concreto oferece as condições desejáveis de escala e velocidade para a construção de grandes e médios conjuntos habitacionais ou até pequenos bairros. No entanto, para alcançar o máximo desempenho e competitividade do sistema, é essencial que o produto seja concebido tendo como base as variáveis e condições intrínsecas ao sistema construtivo, são elas:

- Conceitos de padronização;
- Coordenação modular;
- Organização da produção.

Na prática qualquer projeto arquitetônico pode ser construído com paredes de concreto. Entretanto, ao seguir os pontos descritos acima, o projetista estará trabalhando para que o seu projeto atinja o máximo de desempenho ao ser executado, refletido em menor prazo de execução, menor custo, minimização de imprevistos e maior qualidade do produto final.

A ideia popular de que no Brasil a maioria das obras iniciam "na correria", sem o devido projeto ou planejamento, não tem mais lugar neste cenário de alta demanda e produção de edificações. Quanto mais racionalizado o processo, maior é a necessidade de ganharmos tempo projetando e pensando antes do início da obra.

4.2.1.1 Simetria em planta

Para este sistema construtivo os idealizadores do site Construção (2017) recomendam que em edifícios com múltiplos pavimentos o projeto dos apartamentos sejam, sempre que possível, simétricos nos dois eixos em planta, tanto o longitudinal como o transversal. No caso de casas térreas ou mesmo sobrados essa recomendação é desconsiderada, pois existem fôrmas que são capazes de executar a sua totalidade do pavimento.

Outro ponto bastante importante é arranjar as equipes de modo que os montadores de fôrmas fiquem independentes das equipes de armação e instalações, ainda segundo o site Construção (2017), se recomenda que haja uma divisão das etapas de montagem/concretagem em trechos de 1/2 ou até 1/4 de laje.

Essa simetria do projeto permite "girar" as fôrmas sem a necessidade de retirarmos painéis de fôrmas ou acrescentarmos os chamados "painéis de ciclo", maximizando a produtividade e garantindo o ciclo.

4.2.1.2 Modulação

Assim como no sistema de alvenaria estrutural a modulação também é utilizada para o sistema de paredes de concreto, no entanto é recomendado que utilizem medidas múltiplas de 10 cm tanto nas dimensões horizontais (espessura de paredes, dimensões internas dos ambientes, vãos de esquadrias), como nas verticais (pé direito, piso a piso, peitoris).

Segundo Construção (2017) desde o dia 01 de outubro de 2010 está em vigor a nova norma brasileira NBR 15873 – Coordenação modular para edificações. Esta norma estabelece, entre outras coisas, a dimensão de 10 cm como módulo mínimo a ser adotado em todos os elementos da construção. Além disto, ela determina que cada fabricante incorpore no seu produto as folgas e tolerâncias necessárias para a instalação.

Por exemplo: se um revestimento cerâmico de 40 x 40 cm necessita de uma junta de 4 mm, a medida real de cada peça será de 39,6 x 39,6 cm, garantindo que o módulo final seja múltiplo de 10 cm (neste caso, cada revestimento colocado estará inserido em uma grade de 40 x 40 cm). Outro exemplo são as esquadrias, que deverão considerar em seu projeto o espaço necessário para a fixação, garantindo que o vão na parede seja múltiplo de 10 cm.

Vale salientar que o fato de utilizar a coordenação modular no sistema construtivo também favoreceu o sistema de fôrmas, pois, por contarem com painéis também modulados, poderão ser aplicados nos mais diversos projetos (desde que estes também estejam modulados) com poucas ou nenhuma adaptação.

4.2.1.3 Padronização vertical

Assim como para qualquer sistema construtivo se recomenda que utilizem sempre que possível a mesma disposição de paredes entre todos os pavimentos, ou seja, adotar um projeto arquitetônico em que as paredes fiquem uma sobre as outras. Pois o sistema de paredes de concreto moldadas no local é bastante favorecido por conta da padronização e da repetitividade das estruturas. Por isso, quanto mais estruturas e pavimentos iguais, mais rápidos e regulares serão os ciclos de concretagem.

No caso de salões de festas, salas de ginástica e salas de recreação em edifícios mais altos é recomendado que sejam posicionados nos pavimentos térreos. A fim de evitar a necessidade de uma elaboração de complexas estruturas de transição nesses pavimentos. Da mesma maneira, recomenda-se evitar coberturas e platibandas com estruturas complexas, permitindo o uso das fôrmas de pavimento-tipo (ou parte delas) para sua execução.

4.2.2 Projeto hidráulico

Uma grande vantagem na utilização de paredes de concreto é o fato de que as tubulações verticais podem ser embutidas nas mesmas.

Porem para utiliza-las, é necessário que sejam atendidas as seguintes condições, simultaneamente:

- Diferença de temperatura na superfície de contato entre a tubulação e o concreto não ultrapasse 15°C;
- A pressão interna na tubulação deve ser menor que 0.3Mpa;
- O diâmetro máximo deverá ser de 50mm;
- O diâmetro da tubulação não poderá ultrapassar 50% da espessura da parede, se tendo espaço suficiente, para no mínimo, o cobrimento nominal e a armadura de reforço.

Poderá ser adotado tubulação com diâmetro de até 66% da espessura da parede e com cobrimentos mínimos se existirem telas nos dois lados da tubulação com seu comprimento no valor mínimo de 50 cm para cada lado, e que tubos metálicos não encostem nas armaduras, para que se evite a corrosão galvânica. (NBR 16.055 – 13.31).

Devido aos diversos requisitos a serem atendidos para que se possa passar as tubulações por dentro das paredes, é mais comum optar por passar as tubulações por fora das paredes. Com um sistema de rebaixamento de lajes, é possível se “esconder” os tubos horizontais e os verticais passam por dentro de shafts como se é comumente utilizado, facilitando desta forma, as manutenções periódicas, em caso de complicações futuras como infiltrações.

Figura 22: Instalações hidráulicas dispostas no interior das paredes



Fonte: (CONSTRUINDODECOR, 2017)

4.2.3 Projeto elétrico

Todos os elementos da parte de instalações elétricas como as tomadas e caixas de interruptores, por exemplo, são fixados nos painéis de fôrmas das paredes através dos gabaritos, que são posicionados no projeto. Em algumas caixas, para se evitar que penetre concreto por meio de seus orifícios, se faz necessário o preenchimento com papel ou pó de serra, para que se possa impedir que o concreto faça a obstrução desses orifícios dos dutos elétricos.

Para evitar o deslocamento dos eletrodutos durante o lançamento do concreto, os mesmos devem ser fixados às armaduras. Deve ser colocado espaçadores entre a rede de dutos e os moldes das paredes para que se possa garantir o cobrimento e o posicionamento.

Figura 23: Instalação elétrica completa fixada nos painéis internos



Fonte: (CIDADES, 2017)

Um ponto negativo desse sistema é que se após a concretagem da parede ou laje, algum erro ocorrer na locação de um item da instalação elétrica, a única maneira de reparar o erro é quebrando o concreto. Tal processo gera trabalho e desperdício, reduzindo a produtividade do processo construtivo.

Diferentemente das instalações hidráulicas, por motivos estéticos, recomenda-se que as tubulações elétricas sejam executadas dentro das paredes, uma vez que seria mais difícil escondê-las. Já para as tubulações hidráulicas há uma maior facilidade, já que as descidas das prumadas são feitas em apenas dois pontos: no banheiro e na área de serviço.

4.3 Processo executivo

4.3.1 Fundação

A fundação é considerada a base de qualquer estrutura na construção civil. É o elemento responsável por transmitir ao solo as cargas originárias da edificação. Um projeto de fundação deve ser elaborado em conjunto com o do projetista estrutural da construção.

Entretanto, em fundação para parede de concreto, não há restrições em relação a qual tipo de fundação a ser adotada. Entre as opções a serem escolhidas, tem-se a sapata corrida, radier e blocos de coroamento para estacas ou tubulões, de acordo com as necessidades e especificações do projeto.

Figura 24: Fundação em sapata corrida



Fonte: (CONSTRUÇÃO, 2017)

Figura 25: Fundação em radier



Fonte: (CONSTRUÇÃO, 2017)

É necessário, independentemente do tipo de fundação, que a mesma siga os seguintes pontos:

- A locação e o nivelamento das fundações devem estar de acordo com o projeto arquitetônico, para que assim possa ser feita uma montagem correta do sistema de fôrmas;
- Execute uma laje na cota do terreno, para obter-se um apoio ao sistema de fôrmas para que não se trabalhe no terreno diretamente. Tal laje deve ser construída extrapolando a

espessura dos painéis externos das formas, fazendo com que, a laje tenha alguns centímetros a mais que o elaborado no projeto, com o objetivo de apoiar de uma melhor forma as fôrmas externas das paredes;

- Deve-se tomar todas as precauções para evitar que a umidade do solo migre para a edificação;
- Recomenda-se a cura úmida do concreto por um período mínimo de sete dias para fundações do tipo radier;
- A concretagem das fundações tipo radier é feita de forma convencional, diretamente do caminhão – betoneira sobre uma lona plástica que cobre uma camada nivelada de brita, com espessura mínima de 3 centímetros.

Se o engenheiro optar para a fundação com laje tipo radier, se faz necessário a construção de uma calçada externa na mesma concretagem. Vale salientar que este tipo de fundação é construído com as tubulações de água, esgoto e elétrica embutidas, e a localização dos pontos é definida com a utilização de gabarito específico.

No caso de edifícios com mais de cinco pavimentos, é obrigatório se fazer a consideração no modelo estrutural da interação solo-estrutura, considerando assim, a deformabilidade dessa fundação na estrutura analisada, até mesmo nas vigas de apoio, de acordo com os parâmetros geotécnicos.

4.3.2 Armação e modelagem

A armação adotada no sistema construtivo de parede de concreto muda de acordo com as dimensões e as cargas atuantes na estrutura. Em habitações populares geralmente são utilizadas treliças em pontos estratégicos detalhados no projeto estrutural. Janelas e portas recebem reforços com treliças ou com armadura convencional.

Após finalizar a fixação da armadura inicia-se a disposição das tubulações hidráulica e gás, os eletrodutos, as caixas elétricas e os quadros de distribuição. A marcação desses elementos deve obedecer rigorosamente aos projetos específicos para haver um perfeito encaixe das peças. Os elementos devem estar perfeitamente fixados para que não ocorra deslocamentos durante a concretagem.

Por fim, são utilizados espaçadores para garantir o correto posicionamento da armadura e a geometria após a fixação dos painéis, eles são posicionados tanto na armação, como em tubulações hidráulicas e em eletrodutos. Sua principal finalidade é garantir a cobertura mínima de concreto, evitando futuras fissuras e eventuais exposições da armadura.

4.3.3 Montagem das fôrmas

Segundo Barros (2015) a montagem do sistema de fôrmas deve seguir a sequência do projeto original, mas há uma sequência padrão, que segue a identificação prévia das peças:

- **Nivelamento da laje de piso:** É importante que o piso da laje de apoio esteja perfeitamente nivelado, a fim de evitar diferenças de níveis de topo entre painéis, o que acarretaria descontinuidade no alinhamento superior das paredes;
- **Marcação de linhas de paredes no piso de apoio:** Antes de iniciar a montagem dos painéis de fôrmas, é necessário marcar no piso de apoio (fundação ou laje) as linhas das faces internas e externas das paredes, de modo a orientar o posicionamento dos painéis;
- **Montagem das armaduras;**
- **Montagem das redes hidráulica e elétrica;**
- **Posicionamento dos painéis de fôrma:** O projeto deve fornecer informações sobre a sequência executiva da montagem dos painéis. Normalmente, inicia-se a montagem dos painéis pela parede hidráulica (banheiro ou cozinha), colocando-se primeiro os painéis de canto, formando um “L”, e depois os painéis da face interna da parede hidráulica. Esta escolha é importante, pois permite posicionar as tubulações exatamente no centro da parede;
- **Montagem dos painéis:** Há duas maneiras para a montagem dos painéis, são elas:
 - Painéis internos primeiro e depois os externos: neste caso, montamos de um dos lados das fôrmas, procedemos a montagem das armaduras, reforços, instalações elétricas, hidráulicas e esquadrias, e finalmente fechamos a fôrma com a montagem do outro lado dos painéis.
 - Painéis internos e externos juntos (montagem pareada): nesta situação, todas as armaduras, reforços e instalações são montadas primeiro e posteriormente se executa a montagem das esquadrias e dos painéis de fôrmas internos e externos simultaneamente.

Nota: É importante que os painéis estejam todos numerados e indicados no projeto executivo, e que cada número esteja reproduzido no corpo do painel correspondente, para melhor identificação nas etapas de desmontagem e remontagem. O posicionamento de cada painel é rigoroso e deve ser mantido em todas as unidades construídas.

- **Colocação de caixilhos (portas e janelas);**
- **Colocação de grampos de fixação entre painéis;**
- **Posicionamento das escoras de prumo:** O uso de escoras prumadoras auxilia a montagem, pois mantém os painéis em pé, e posteriormente permite o ajuste milimétrico do prumo das paredes;
- **Colocação de ancoragens:** fechamento das fôrmas de parede: Os elementos de fixação da montagem final, também chamados “elementos de costura”, pois formam as linhas de costura dos painéis, são os responsáveis pela absorção das pressões que o concreto, ainda no estado plástico, deverá exercer sobre as fôrmas.
- **Fechamento das fôrmas de paredes:** O projeto de fôrmas deve prever que os painéis sejam modulados com dimensões e peso que permitam o fácil manuseio e transporte por um operário. Os diversos módulos e acessórios devem se encaixar de acordo com a sequência determinada em projeto, garantindo rigidez ao conjunto.

4.3.4 Transporte do concreto

O caminhão betoneira é o transporte mais indicado para transportar o concreto matriz feito em centrais dosadoras até o local da obra.

Um aspecto muito importante que deve ser destacado é em relação ao tempo de transporte decorrido entre o início da mistura, contado a partir da primeira adição de água, até a entrega do concreto na obra, segundo Construção c. d. (2017) temos que:

- a) Esse tempo deve ser fixado de modo que o fim do adensamento não ocorra após o início de pega do concreto lançado e das camadas ou partes contíguas a essa remessa, evitando-se a formação de junta fria;
- b) Esse tempo deve ser inferior a 90 minutos.
- c) Esse tempo não deve ultrapassar a 150 minutos, considerando-se o fim da descarga.

Nota: No caso de concreto autoadensável (Tipo N), este deve ser aplicado, no máximo, 40 minutos após a colocação do aditivo, o que geralmente é feito na obra.

4.3.5 Recebimento do concreto

Ao receber o concreto na obra algumas precauções devem ser seguidas antes de iniciar o descarregamento do produto:

- i. Conferir o documento de entrega, certificando-se de que a descrição do material corresponde ao que foi solicitado e se os dados da obra estão corretos;
- ii. Conferir o lacre da bica de descarga antes deste ser rompido;
- iii. Não receber o concreto se houver alguma discordância dessas citadas acima.

Após conferir os dados de entrega se deve verificar a qualidade do concreto, nessa etapa deve-se:

- i. Verificar se o concreto está com a consistência desejada, ou seja, se não ultrapassou os limites especificados no documento de entrega:
 - a. Abatimento (slump): determinação da consistência do concreto e que permite verificar se não há excesso ou falta de água no concreto.
 - b. Espalhamento (flow): verificar se o concreto sob determinada força, provocada pelo seu próprio peso, é capaz de se espalhar até atingir determinada dimensão determinado tempo e uma dimensão limite.
- ii. Caso o abatimento seja inferior ao indicado na nota fiscal, adicione água suplementar nos limites especificados pela ABNT NBR 7212/1984, ou seja, desde que:
 - a. O abatimento seja igual ou superior a 10 mm;
 - b. O abatimento seja corrigido em até 25 mm;
 - c. O abatimento, após a adição, não ultrapasse o limite máximo especificado;
 - d. O tempo entre a primeira adição de água aos materiais e o início da descarga seja superior a 15 minutos.

4.3.6 Lançamento do concreto

Como já foi mencionado, esses sistemas necessitam de um planejamento trabalhado aos detalhes para cada etapa, diante disso, para ser feito o lançamento do concreto nas fôrmas não seria diferente, se torna necessário que haja um planejamento detalhado, levando em consideração as características do concreto que será utilizado, a geometria das fôrmas e o layout do canteiro. O procedimento para ser feito o lançamento consiste em:

- I. Iniciar a concretagem por um dos cantos da edificação;
- II. Preencher as parcelas das paredes próximas ao ponto até estarem cheias;
- III. Mudar a posição em direção ao canto oposto;
- IV. Completar o rodízio dos quatros cantos opostos da estrutura.

O concreto deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição final, evitando-se incrustações de argamassa nas paredes das fôrmas e nas armaduras. Devem ser tomadas

precauções para manter a homogeneidade do concreto. Para peças estreitas e altas, o concreto deve ser lançado por janelas abertas na parte lateral, ou por meio de funis ou trombas. A utilização de bomba para lançamento do concreto reduz a probabilidade de falhas de concretagem e não deve haver interrupções com duração superior a 30 minutos, pois ficaria caracterizada uma junta de dilatação. (CONSTRUÇÃO, 2017)

4.3.7 Adensamento do concreto

Assim como em qualquer obra de concreto, neste sistema ele também deve ser vibrado com equipamento adequado durante e imediatamente após o lançamento. O adensamento deve ser cauteloso, para que a mistura preencha todos os espaços da fôrma, uma forma auxiliar o processo de adensamento é por meio de leves batidas com martelo de borracha nos painéis. No entanto, para o concreto autoadensável (Tipo N) e para o celular (Tipo L1) a utilização de tais métodos é dispensada devido a sua maior fluidez, plasticidade e viscosidade (evitando a segregação dos materiais).

É importante evitar a vibração da armadura, para que não se formem vazios ao seu redor, com prejuízos da aderência. No adensamento manual, as camadas de concreto não devem exceder a 20 cm. Se a opção for usar vibradores de imersão, a espessura da camada deve ser, no máximo, aproximadamente igual a 3/4 do comprimento da agulha. Se não for possível atender a essa exigência, o vibrador de imersão não deverá ser empregado. (CONSTRUÇÃO, 2017)

4.3.8 Cura do concreto

Após a concretagem, faz-se a cura do concreto, que consiste em garantir a umidade adequada para hidratação do cimento, responsável pela pega e endurecimento do concreto. Ela pode ser feita com aplicação de água sobre as peças recém desformadas ou por agente químico conforme especificações do projeto

Para que o processo de cura aconteça corretamente, o concreto deve ser protegido contra agentes que lhe são prejudiciais como mudanças bruscas de temperatura, secagem, vento, chuva forte, água torrencial, agentes químicos, choques e vibrações de intensidade que possam ocasionar fissuras no concreto ou afetar a aderência com a armadura.

4.3.9 Desforma e limpeza

A desforma deve ser feita quando o concreto atingir a resistência e a elasticidade prevista no projeto. A retirada das fôrmas e do escoramento deve ser feita sem choques, evitando assim o aparecimento de fissuras por ações mecânicas.

Na desmontagem, os painéis devem ser posicionados ao lado da próxima habitação a ser executada, para aumentar a velocidade de execução e organizar o canteiro de obra. Após o sistema ser desmontado, a fôrma deve ser limpa para a reutilização. O material deve ser escovado para que todo o resíduo de argamassa seja eliminado do molde, possibilitando a aplicação de um desmoldante. Como o sistema paredes de concreto admite a utilização de três tipos de fôrmas, o desmoldante escolhido deve atender as especificações de cada tipo de fôrma. O produto precisa ser adequado a cada superfície, evitando-se que o concreto grude na fôrma e não deixe resíduos na superfície das paredes, o que comprometeria a aderência do revestimento final. (BARROS, 2015)

Uma das opções de limpeza é a utilização de jatos fortes de água, porém é preciso que a pressão da água seja regulada para não danificar o acabamento das fôrmas. Outra opção, que demanda mais tempo, é a remoção dessa crosta com água e escova ou espátula plástica. Após a limpeza, deve-se aplicar o agente desmoldante.

4.3.10 Acabamento

Após a desmontagem as paredes passam por uma vistoria de qualidade onde serão os eventuais defeitos serão encontrados e reparados. Algumas das ações tomadas para a correção dessas patologias são:

- Nas falhas decorrentes do processo de execução é aplicado graute;
- Nos furos dos pinos de ancoragem aplica-se argamassa de cimento e areia;
- Nas regiões das junções dos painéis as saliências restantes devem ser retiradas com a aplicação de espátulas.

Figura 26: Acabamento em uma parede de concreto moldada “in loco”



Fonte: (SANTOS, 2013)

Para este sistema não existe nenhuma restrição do tipo de acabamento que pode ser aplicado na parede. No entanto existe uma única recomendação, qualquer que seja o acabamento só deve ser aplicado após a cura úmida da parede. Vale salientar que a aplicação de chapisco e reboco é dispensável, tornando assim uma de suas grandes vantagens.

5 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os métodos científicos que foram aplicados para realização do estudo, juntamente com a identificação dos instrumentos para a coleta dos dados relevantes aos objetivos da pesquisa. Assim, será apresentada a classificação da pesquisa, o universo e as amostras do estudo, como também as ferramentas de coleta de dados e como se dará a organização da análise dos dados obtidos.

5.1 Classificação da pesquisa

O presente estudo foi elaborado seguindo os princípios da pesquisa exploratória com procedimentos técnicos de estudo de caso, uma vez que o mesmo buscou reunir informações detalhadas e sistemáticas.

Quanto à sua natureza, a pesquisa buscou ampliar o conhecimento dos demais profissionais para a aplicação dos métodos abordados em novos empreendimentos, sendo então classificada como pesquisa aplicada. Por fim, em relação a abordagem do problema ela ainda pode ser classificada como quantitativa, devido ao fato de que todos os dados coletados foram traduzidos em números para análise e comparação das amostras.

5.2 Universo e amostra

O universo deste estudo foram as obras de construção, possuindo como amostras os dois empreendimentos executados com os sistemas estruturais racionalizados (alvenaria estrutural e paredes de concreto), possuindo dimensões e finalidade similares.

5.3 Coleta, organização e análise dos dados

A estrutura no método de coleta, organização e análise dos dados foi elaborada em quatro etapas principais:

- **1ª Etapa (Seleção do projeto arquitetônico):** Indicar um projeto arquitetônico para ser avaliado em relação ao custo estimado do m² para a elevação das paredes em cada método construtivo;

- **2ª Etapa (Levantamento dos dados):** Levantar os quantitativos e orçamentos necessários, através dos documentos pertencentes as obras, como planilhas orçamentárias, projetos executivos e diários de obra, com o auxílio do responsável da obra, observando os diferentes tipos de insumos necessários como, materiais, serviços, equipamentos e mão de obra, em cada etapa do sistema construtivo;
- **3ª Etapa (Organização do orçamento):** Organizar os dados em planilhas no formato de orçamento por etapa dos processos construtivos, aplicando os custos dos insumos de acordo com as planilhas de referência obtidas nas obras, gerando assim a estimativa de custos diretos total e por m² para implantação dos sistemas estruturais nas edificações estudadas;
- **4ª Etapa (Análise comparativa):** Comparar quantitativamente os dados anteriormente encontrados para os dois sistemas, analisando de forma conjunta e separada cada etapa dos processos construtivos com auxílio de gráficos e tabelas. Para definir a resolução do problema ao qual a pesquisa se propôs, identificando qual dos dois sistemas construtivos se torna mais economicamente vantajoso para ser aplicado na cidade de Caruaru.

6 EMPREENDIMENTOS OBJETOS DO ESTUDO

Ambos os métodos construtivos foram analisados através de empreendimentos construídos no município de Caruaru, entretanto apenas o método construtivo de paredes de concreto foi analisado a partir de visitas a obra. No caso do sistema construtivo de alvenaria estrutural, não foi possível realizar nenhuma visita, visto que as empresas possuem um regimento interno bastante rigoroso, não permitindo a liberação de dados. A fim de sanar essa dificuldade, optou-se por utilizar um trabalho acadêmico com um estudo de caso em Caruaru já publicado (ARRUDA, 2016). O referido estudo utilizou um empreendimento na cidade de Caruaru, porém o nome do empreendimento e o nome da empresa foram mantidos em sigilo, devido ao regimento interno da empresa, neste caso optou-se por se utilizar o nome Residencial B, para nos referirmos ao empreendimento em questão.

A escolha do trabalho acadêmico de Arruda (2016) foi feita por apresentar características semelhantes ao empreendimento referente ao outro sistema construtivo. Assim com a semelhança entre os empreendimentos foi possível chegar a um denominador comum entre eles para realizar a comparação, tal denominador utilizado foi o de custo por metro quadrado construído.

6.1 Residencial Acauã

O empreendimento em estudo foi o Residencial Acauã da construtora Mori Mori com uma área total de 26.700 m², que fica localizado na Avenida Brasil, nº 1860, no Bairro Universitário, em Caruaru – PE, como demonstrado na figura 27. Trata-se de um empreendimento do tipo residencial construído a partir do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas “in loco”. A obra teve as atividades iniciadas em junho de 2015 e possui uma previsão para a entrega de 5 (cinco) anos após a data de início.

Figura 27: Perspectiva gráfica Residencial Acauã



Fonte: Construtora Mori Mori

Ele é composto por um total de 352 (trezentos e cinquenta e dois) apartamentos distribuídos em 22 (vinte e duas) torres, cada torre é composta por 1 (um) pavimento térreo e 3 (três) pavimentos tipo e cada pavimento tipo possui 4 (quatro) apartamentos, assim como o térreo, totalizando 16 (dezesesseis) apartamentos por torre.

Todos os apartamentos possuem uma área privativa de 68 (sessenta e oito) m², composta por dois quartos, um WC social, sala de estar e jantar, cozinha, duas varandas e uma vaga de garagem.

O residencial ainda terá uma área de lazer, composta por uma piscina, churrasqueiras, pista de cooper, quadra poliesportiva, playground, espaço gourmet e salão de festas, além de uma guarita independente elevada.

6.2 Residencial B

O empreendimento de alvenaria estrutural em blocos de concreto está situado num lote de 25.988,83 m² e é composto por blocos de 3 pavimentos-tipo mais térreo com 412,64 m² de área construída por pavimento e 1650,56 m² de área construída total por bloco, como demonstrado na figura 28. Cada bloco é dividido em 8 apartamentos por andar, tendo 4 apartamentos de 46,38 m² e 4 apartamentos de 45,54 m², todos com 2 quartos (ARRUDA, 2016).

Figura 28: Perspectiva da fachada do Residencial B



Fonte: (ARRUDA, 2016)

7 LEVANTAMENTO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Para a realização da análise comparativa foram tomadas como premissa algumas considerações que serão tratadas ao longo deste capítulo.

Para o levantamento dos dados referente ao sistema de paredes de concreto moldadas “in loco” o objeto de estudo se trata da construção do Residencial Acauã, após toda a conceituação do tema sabe-se que o empreendimento utilizou a metodologia de produção em série, que consiste na implantação de diversas funções específicas e repetitivas que resultam em produtos padronizados com alto nível de qualidade.

Vale salientar que os dados orçamentários, projetos, plantas e diversas informações úteis sobre Residencial Acauã foram disponibilizadas pela construtora, apenas para fins acadêmicos.

Enquanto o levantamento dos dados que se referem ao sistema de alvenaria estrutural com blocos de concreto foi elaborado a partir dos quantitativos, planilhas e gráficos desenvolvidos pelo trabalho acadêmico de Arruda (2016), vale salientar que o orçamento feito por Arruda contou como referência a tabela SINAPI de 2016, para o presente trabalho a referência foi atualizada a partir da tabela de SINAPI de novembro de 2017.

A análise para os empreendimentos foi realizada apenas na construção de uma das torres de cada residencial, para que então pudessem ser levantados os custos unitários por metro quadrado em cada etapa construtiva e assim serem utilizados para realizar a comparação entre os métodos.

7.1 Estrutura em paredes de concreto moldadas “in loco”

Inicialmente a fundação da estrutura, para a edificação em alvenaria estrutural se utilizou do sistema de fundação tipo radier de concreto armado. Para isso se tornou necessário a aplicação de serviços preliminares de preparação do terreno para que este se encontre devidamente nivelado e bem compactado para então receber a camada de drenagem de 7 cm de brita nº 0 impermeabilizada com lona plástica preta específica para impermeabilizações, com espessura de 150 micras, antes da execução do elemento estrutural de fundação. Para locação da obra e nivelamento do terreno, se fez necessário serviços de demarcação topográfica para atender o limite de precisão que o sistema exige. A área de locação foi repassada pelo técnico de edificações e verificada “in loco”, já os serviços em terra foram obtidos através da planilha de quantitativos disponibilizada.

Assim foi executado seguindo as etapas de preparação de fôrmas, assentamento da armação e concretagem. A armação efetuada com tela soldada nervurada Q-196 dupla reforçada, medida e levantada em metros quadrados e o radier teve espessura total de 18 cm após a concretagem, com concreto usinado classe C25 lançado com bomba para a edificação, o levantamento para o quantitativo do radier foi possível utilizando a área construída do pavimento térreo, como demonstrado na tabela 7.

Tabela 7: Custos do sistema de fundação tipo radier – Residencial Acauã

	DESCRIÇÃO	Coef	Und	Valor Unit (R\$)	Valor Total (R\$)
SERVIÇOS					
1.0 FUNDAÇÃO					
1.0.1	Forma plana para execução de radier	30	m ²	58,34	1.750,20
1.0.2	Montagem de armadura em tela de aço	367,5	m ²	0,93	341,78
1.0.3	Montagem de aço CA - 50 Média D = 6.3 a 10, 0 mm	1516,8	kg	2,62	3.974,02
1.0.4	Montagem de aço CA - 50 grossa D = 12.5 a 32, 0 mm	145	kg	3,65	529,25
1.0.5	Lançamento e adensamento de concreto com régua vibratório	300	m ²	2,79	837,00
1.0.6	Compactação de mecânica	25	m ³	10,48	262,00
1.0.7	Escavação manual de vala para rede hidrossanitária	3	m ³	26,51	79,53
1.0.8	Locação da obra com auxílio topográfico	1	h	156,37	156,37
1.0.9	Serviço de retroescavadeira	1	h	706,97	706,97
1.0.10	Desmontagem forma do radier	1	h	194,10	194,10
ESTRUTURA					
1.1.1	Lona plástica 150 micras	300	m ²	0,51	153,00
1.1.2	Forma madeira com reaproveitamento	85	m	6,78	576,30
1.1.3	Tela soldada nervurada Q 196 ca-50	25	pç	159,00	3.975,00
1.1.4	VERGALHÃO 8.0 mm CA 50 (vergalhão com 12m)	1516,8	kg	2,81	4.262,21
1.1.5	VERGALHÃO 12.5 mm CA 50 (vergalhão com 12m)	145	kg	2,70	391,50
1.1.6	Arame recozido	25	kg	4,90	122,50
1.1.7	Espaçadores	300	und	0,15	45,00
CONCRETO					
1.2.1	Concreto bombeável fck=25 MPa	65	m ³	265,00	17.225,00

1.2.2	Serviço de bombeamento de concreto	65	m³	30,00	1.950,00
				TOTAL (R\$)	37.531,72

Fonte: O autor

Para a obtenção dos quantitativos da etapa de elevação das paredes foram analisados os dados disponibilizados pelo técnico de edificações, que disponibilizou uma planilha para o cálculo do custo para a construção da superestrutura de um pavimento. A superestrutura conta a composição elaborada de uma tela soldada Q-92 de CA-50, além de vergalhões de 10 mm, assim como concretado usinado C25, bombeado com bomba para edificações, como demonstrado na tabela 8.

Tabela 8: Custos dos elementos estruturais da superestrutura – Residencial Acauã

DESCRIÇÃO		Coef.	Unid.	Valor Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
2.0 PAREDES					
SERVIÇOS					
2.0.1	Montagem de forma metálica para parede	4	h	4.193,19	16.772,76
2.0.2	Montagem de armadura em tela de aço	4	h	2.825,59	11.302,36
2.0.3	Lançamento e adensamento de concreto com régua vibratório	4	h	209,22	836,88
2.0.4	Desmontagem de forma metálica	4	h	3.167,03	12.668,12
ESTRUTURA					
2.1.1	Tela Q 92 ca-50	144	pç	75,97	10.939,68
2.1.2	VERGALHÃO 8.0 mm CA 50 (0,395 kg/m) (vergalhão com 12m)	611	kg	2,81	1.716,91
2.1.3	VERGALHÃO 10.0 mm CA 50 (0,617 kg/m) (vergalhão com 12m)	310	kg	2,40	744,00
2.1.4	VERGALHÃO 12.5 mm CA 50 (0,963 kg/m) (vergalhão com 12m)	721	kg	2,70	1.946,70
2.1.5	Arame recozido n° 18	55	kg	4,90	269,50
2.1.6	Espaçadores para telas	2200	und	0,15	330,00
FORMAS					
2.1.1	Forma metálica perfiline	1	vb	26.000,00	26.000,00
LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DO CONCRETO					
2.2.1	Concreto autoadensável fck=25 MPa	276	m³	270,00	74.520,00
2.2.2	Serviço de bombeamento de concreto	276	m³	30,00	8.280,00
2.2.3	Desmoldante	40	l	2,67	106,80
				(1 torre) SUB TOTAL (R\$)	166.433,71
3.0 LAJE					

SERVIÇOS					
3.0.1	Montagem de forma p/ laje com escoramento.	1200	m²	10,37	12.444,00
3.0.2	Montagem de armadura em tela de aço	1200	kg	1,10	1.320,00
3.0.3	Montagem de aço CA - 50 Média D = 6.3 a 10, 0 mm	519	kg	2,92	1.515,48
3.0.4	Montagem de aço CA - 50 grossa D =12.5 a 32, 0 mm	609	kg	3,65	2.222,85
3.0.5	Lançamento e adensamento de concreto com régua vibratório	1200	m²	2,79	3.348,00
3.0.6	Desmontagem forma do radier	4	h	194,10	776,40
3.0.7	Serviço de grua	12	h	659,37	7.912,44
ESTRUTURA					
3.1.1	Tela Q 159 ca-50	96	pç	129,31	12.413,76
3.1.2	VERGALHÃO 5.0 mm CA 50 (0,154 kg/m) (vergalhão com 12m)	260	kg	2,31	600,60
3.1.3	VERGALHÃO 10.0 mm CA 50 (0,617 kg/m) (vergalhão com 12m)	349	kg	2,40	837,60
3.1.4	VERGALHÃO 12.5 mm CA 50 (0,963 kg/m) (vergalhão com 12m)	519	kg	2,70	1.401,30
3.1.5	Arame recozido nº 18	50	kg	4,90	245,00
3.1.6	Espaçadores para telas	1500	und	0,15	225,00
FORMAS E ESCORAMENTO					
3.2.1	Maderite de 18 mm resinado com reaproveitamento de 5 vezes	320	m²	28,93	9.257,60
3.2.2	Prego 2 1/2 x 18	56	kg	8,61	482,16
3.2.3	Escoramento em perfil metálico	1	vb	5.000,00	5.000,00
LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DO CONCRETO					
3.3.1	Concreto bombeável fck=25 MPa	128	m³	265,00	33.920,00
3.3.2	Serviço de bombeamento de concreto	128	m³	30,00	3.840,00
3.3.3	Desmoldante	6	l	2,67	16,02
(lajes) SUB TOTAL (R\$)					97.778,21
(lajes + paredes) TOTAL (R\$)					264.211,92

Fonte: O autor

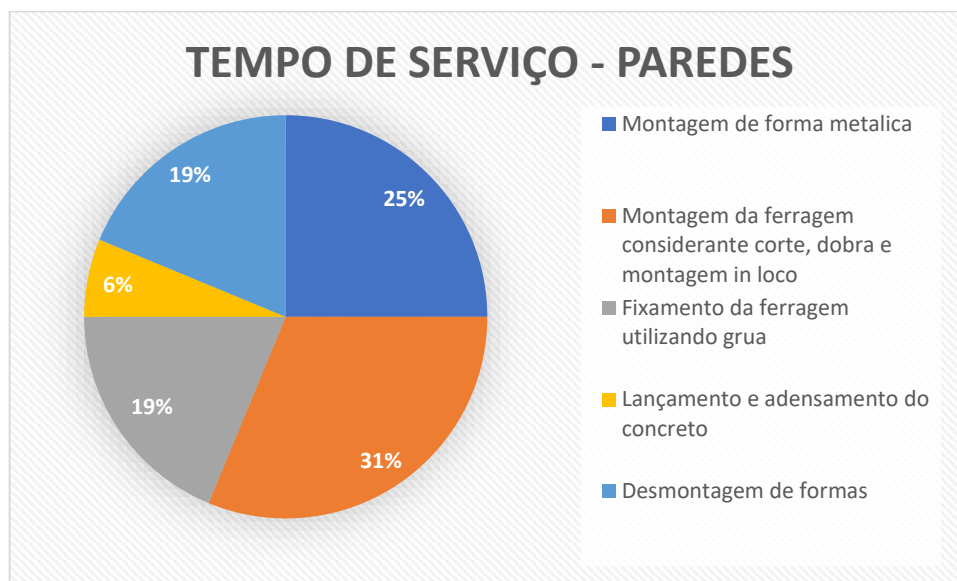
Na etapa da construção da superestrutura também foi possível analisar a produtividade da equipe da empresa, uma vez que a os dados apresentam a quantidade de operários e o tempo de execução para cada etapa do processo.

No entanto a comparação deste parâmetro não foi possível, pois os dados sobre a produtividade da equipe no sistema de alvenaria estrutural não foram disponibilizados pela ferramenta de pesquisa e nem por uma conversa informal, feita pelo autor deste trabalho com os engenheiros das empresas que utilizam o método.

A seguir seguem os dados dos serviços presentes na etapa de superestrutura, juntamente com a descrição da equipe e o tempo de serviço:

- Montagem de forma metálica para parede: prazo de execução para montagem de 04 dias
 - 1 Profissional – forma;
 - 3 Serventes;
 - 1 Profissional – grueiro;
 - 1 Grua para içamento das peças;
- Montagem de armadura em tela de aço: montagem da ferragem em 05 dias considerando corte, dobra e montagem in loco, apresentando também a utilização da grua em 03 dias
 - 2 Armadores;
 - 1 Servente;
 - 1 Profissional – grueiro;
 - 1 Grua para içamento das peças;
- Lançamento e adensamento de concreto com régua vibratório: executado em 01 dia
 - 1 Pedreiro;
 - 3 Serventes;
- Desmontagem de forma metálica: executado em 03 dias
 - 1 Profissional – forma;
 - 3 Serventes;
 - 1 Profissional – grueiro;
 - 1 Grua para içamento das peças.

Tabela 9: Relação entre os serviços na etapa de Superestrutura – Residencial Acauã



Fonte: O autor

Em resumo, a execução da estrutura feita no sistema de paredes de concreto moldadas “in loco” resultou num custo total de R\$ 301.743,64, sendo desse valor, R\$ 221.793,14 em materiais, R\$ 51.330,50 em mão de obra e R\$ 28.620,00 na utilização dos equipamentos. A edificação dispõe de 1200 m² de área construída, o que nos resultou num custo total de R\$ 251,45 por m² construído com o sistema, como demonstrado na tabela 10.

Tabela 10: Resumo de custos da estrutura em paredes de concreto – Residencial Acauã

Insumo	Fundação (R\$)	Superestrutura (R\$)	TOTAL (R\$)	Percentual	Custo por m² (R\$)
Mão de obra	8.291,21	43.039,29	51.330,50	17,0%	42,78
Material	28.700,51	193.092,63	221.793,14	73,5%	184,83
Equipamento	540,00	28.080,00	28.620,00	9,5%	23,85
TOTAL (R\$)	37.531,72	264.211,92	301.743,64	100,0%	251,45

Fonte: O autor

7.2 Estrutura em alvenaria estrutural de blocos de concreto

Assim como o sistema de paredes de concreto a fundação para a edificação em alvenaria estrutural utilizou do sistema de fundação tipo radier de concreto armado e também fez uso dos serviços preliminares de preparação do terreno, para então receber a camada de drenagem com 7 cm de espessura de brita nº 0 impermeabilizada com o mesmo tipo de lona plástica, preta e com espessura de 150 micras. Para locação da obra e nivelamento do terreno, utilizou do mesmo

tipo de serviço de demarcação topográfica. A área de locação foi medida “in loco” pelo estudante Arruda e os serviços em terra estimados se baseando no desnível encontrado no terreno (ARRUDA, 2016).

A construção do sistema de fundação de alvenaria estrutural também se assemelhou ao sistema de paredes de concreto na composição do radier. A armação efetuada também contou com a tela soldada nervurada Q-196 dupla reforçada, medida e levantada em metros quadrados, o radier com espessura total de 18 cm e com concreto usinado classe C25 lançado com bomba para a edificação, como demonstrado na tabela 11 (ARRUDA, 2016).

Tabela 11: Custos do sistema de fundação tipo radier – Residencial B

1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES E EM TERRA	Coef	Und	Custo Unit. (R\$)	Custo Total (R\$)
1.1.1	Locação da obra, com uso de equipamentos topográficos, inclusive nivelador	412,64	m ²	18,77	7.745,25
1.1.2	Regularização do terreno com corte e aterro compensado	247,58	m ³	5,11	1.265,13
1.1.3	Compactação de mecânica	412,64	m ²	4,03	1.662,94
1.1.4	Lastro de brita N. 1	28,88	m ³	75,33	2.175,53
1.1.5	Fornecimento/instalação lona plástica preta, para impermeabilização, espessura 150 micras.	247,58	m ²	4,68	1.158,67
1.2	RADIER EM CONCRETO ARMADO				
1.2.1	Forma tabua p/concreto em fundação radier	21,89	m ²	24,90	545,06
1.2.2	Armação em tela de aço soldada nervurada Q-196, aço ca-60, 5.0 mm, malha 10x10 cm	825,28	m ²	20,97	17.306,12
1.2.3	Concretagem de lajes em edificações multifamiliares feitas com concreto usinado bombeável, fck 25 MPa, lançado com bomba – lançamento, adensamento e acabamento Af_06/2015	74,28	m ³	364,71	27.090,66
TOTAL (R\$)					58.949,37

Fonte: Elaborado por Arruda (2016), atualizado pelo autor

Assim como no sistema de paredes de concreto moldadas “in loco”, o sistema em alvenaria estrutural utiliza as próprias como elemento estrutural que recebe e transmite das cargas atuantes para a fundação, com isso a superestrutura nesse sistema engloba a alvenaria, argamassa de assentamento, lajes e o grauteamento armado. Para a obtenção dos quantitativos de alvenaria, segundo Arruda (2016), o levantamento também foi feito “in loco”, com auxílio do projeto arquitetônico da edificação observando se um pé direito de 3 metros de altura para cada pavimento, os pontos de graute foram executados em todos os encontros de paredes, fazendo função similar a dos pilares no sistema em concreto armado e também executados numa cinta intermediária a altura do pé direito e outra no topo da alvenaria de cada pavimento, na última fiada antes da laje. Esta por sua vez foi executada da mesma forma que a da estrutura da edificação de concreto armado, sendo pré-moldada com capeamento em concreto de 5cm classe C25 e seu levantamento se deu através da área construída por pavimento-tipo, descontando-se as áreas livres de ventilação e iluminação, como demonstrado na tabela 12 (ARRUDA, 2016).

Tabela 12: Custos dos elementos estruturais da superestrutura – Residencial B

2	SUPERESTRUTURA	Coef	Und	Custo Unit. (R\$)	Custo (R\$)	Total
2.1	ALVENARIA ESTRUTURAL					
2.1.1	Alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x29 cm, (espessura 14 cm) fbk = 14,0 MPa, para paredes com área líquida maior ou igual a 6m², com vãos, utilizando palheta. Af_12/2014	4.183,92	m²	75,88	317.475,85	
2.1.2	Argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação, preparo manual. Af_06/2014	72,8	m³	422,51	30.758,73	
2.2	GRAUTEAMENTO					
2.2.1	Armação vertical de alvenaria estrutural; diâmetro de 10,0 mm. Af_01/2015	4.588,56	kg	5,76	26.430,11	
2.2.2	Graute fck=15 MPa; traço 1:0,04:2,0:2,4 (cimento/ cal/ areia grossa/ brita 0) - preparo mecânico com betoneira 400 l. Af_02/2015	67,67	m³	255,12	17.263,97	
2.2.3	Serviço de grauteamento vertical em alvenaria estrutural. Af_01/201	23,09	m³	549,18	12.680,57	
2.2.4	Serviço de grauteamento de cinta intermediária ou de contraverga em alvenaria estrutural. Af_01/2015	22,3	m³	452,32	10.086,74	

2.2.5	Serviço de grauteamento de cinta superior ou de verga em alvenaria estrutural. Af_01/2015	22,3	M³	520,65	11.610,50
2.3	LAJES				
2.3.1	Laje pré-moldada p/piso e escada, sobrecarga 200kg/m², vãos até 4,50m/e=10cm, c/lajotas e cap. c/conc. fck=25mpa, 5cm, inter-eixo 38cm, c/escoramento (reapr.3x) e ferragem negativa	1.637,76	M²	64,74	106.028,58
2.3.2	Armação de aço ca-60 diam. 3,4 a 6,0mm.- fornecimento / corte (c/perda de 10%) / dobra / colocação.	1.980,00	TON	7,57	14.988,60
2.3.3	Estrutura de Aço complementar (escada metálica p/saída de emergência)	32,50	M²	219,37	7.129,53
TOTAL (R\$)				554.453,16	

Fonte: Elaborado por Arruda (2016), atualizado pelo autor

Como resultado para essas etapas referentes a execução da estrutura feita no sistema de alvenaria de estrutural encontrou-se um custo total de R\$ 613.402,53, sendo que desse montante, R\$ 485.181,84 foi o custo em materiais, R\$ 126.632,09 o custo da mão de obra e R\$ 1.588,60 o custo referente a utilização dos equipamentos. Ressaltando que a edificação dispõe de 1650,56 m² de área construída, o que nos resulta num custo de R\$ 371,63 por m² construído com o sistema para as etapas de preparação do terreno, a construção da fundação e a elevação da superestrutura, como demonstrado na tabela 13.

Tabela 13: Resumo de custos da estrutura em alvenaria estrutural – Residencial B

Insumo	Fundação (R\$)	Superestrutura (R\$)	TOTAL (R\$)	Percentual	Custo por m² (R\$)
Mão de obra	9.149,02	117.483,07	126.632,09	20,6%	76,72
Material	49.030,79	436.151,05	485.181,84	79,1%	293,95
Equipamento	769,57	819,04	1.588,60	0,3%	0,96
TOTAL (R\$)	58.949,37	54.453,16	613.402,53	100,0%	371,63

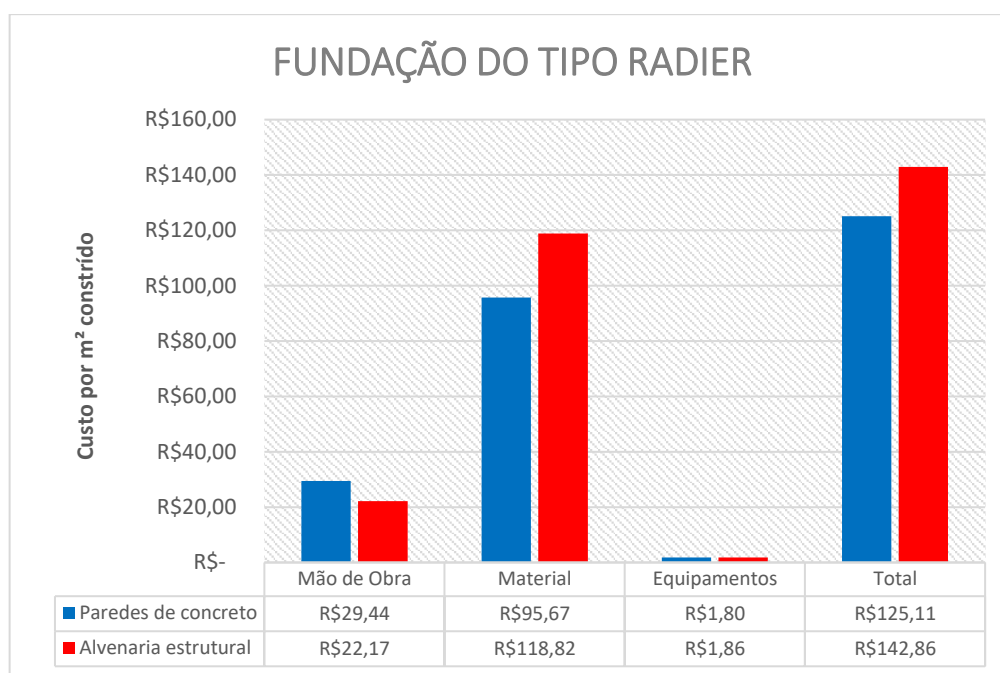
Fonte: O autor

8 ANÁLISE DOS RESULTADOS

8.1 Custo da fundação

Considerando os custos relacionados aos serviços preliminares e de movimentação de terra que foram necessários e a execução dos elementos estruturais de fundação, temos a seguinte relação no gráfico 1:

Gráfico 1: Custo por m² da fundação

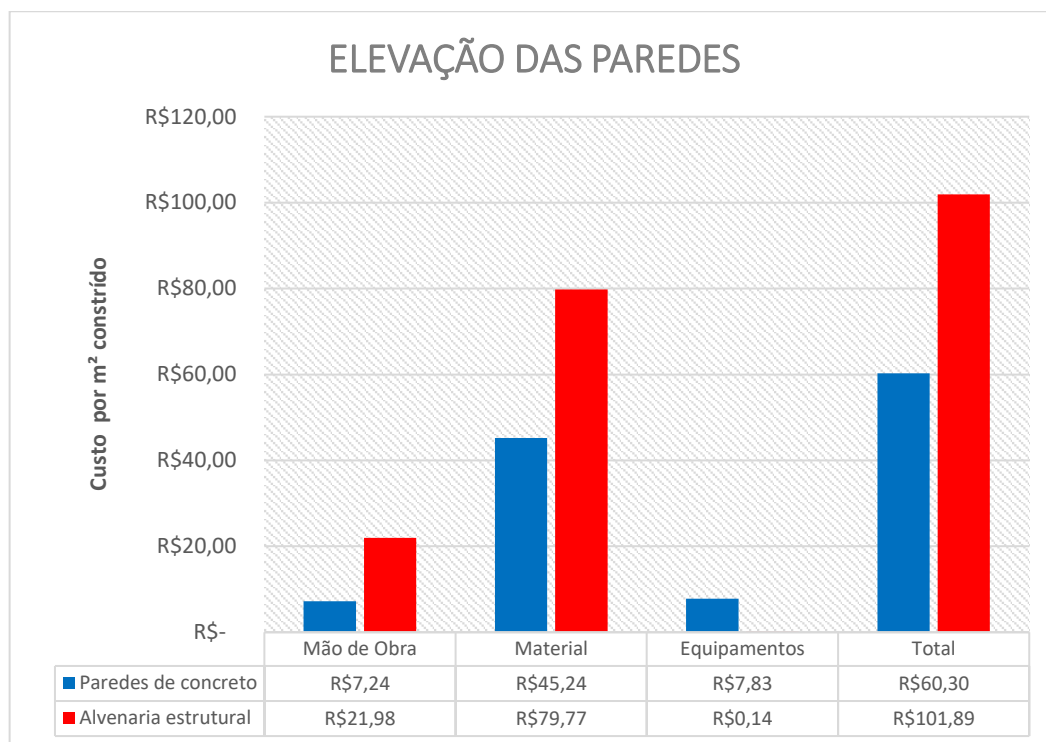


Fonte: O autor

Como se pode notar apenas o custo de mão de obra favorece a utilização na etapa de fundação para a alvenaria estrutural, cerca de 24,7% mais barato do que a do sistema de paredes de concreto, no entanto quando analisamos o valor total para a execução do radier verificamos que o sistema de alvenaria é 14,19% mais caro do que o de paredes de concreto, mesmo que ambos os empreendimentos tenham utilizado o mesmo sistema de fundações fica claro que existe uma diferença considerável de custos entre os métodos utilizados.

8.2 Custo da superestrutura

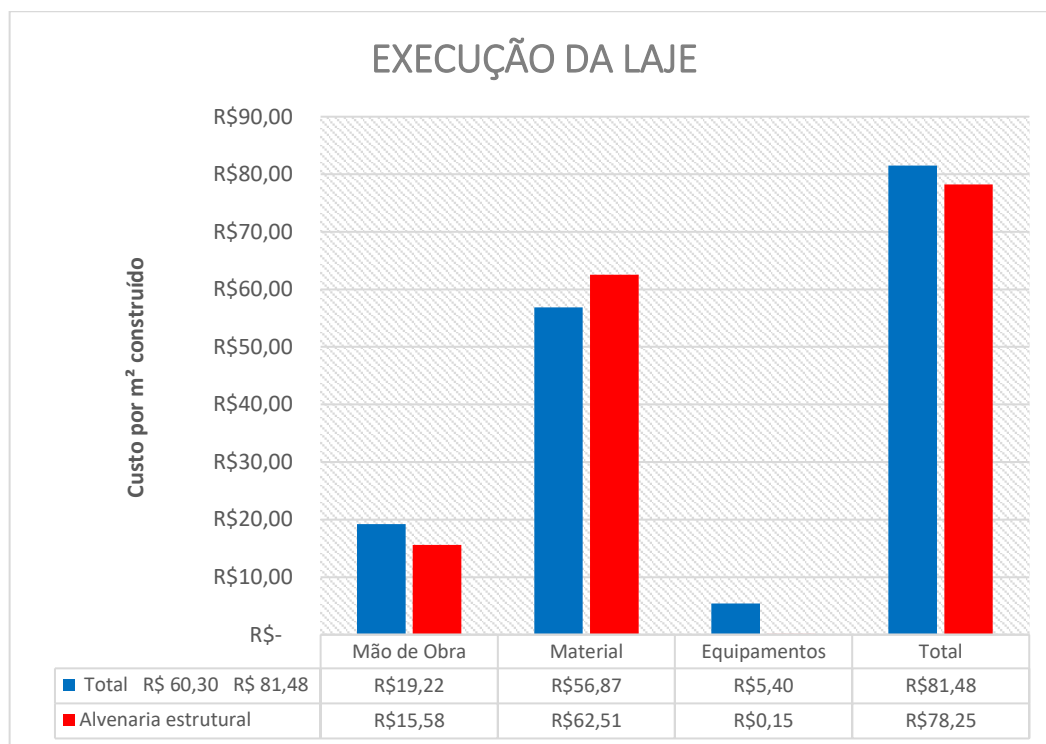
Para uma melhor avaliação comparativa dos custos nessa etapa o item de superestrutura foi dividido em duas comparações, a primeira, referente aos custos da elevação das paredes e a segunda referente aos custos para a elaboração da laje, como demonstrado no gráfico 2:

Gráfico 2: Gráfico do custo por m² da etapa de elevação das paredes

Fonte: O autor

O objetivo do trabalho teve como principal foco a presente etapa para que então fosse possível uma melhor distinção entre os dois métodos que utilizam diferentes tecnologias para elaborar a sua estrutura, porém como o orçamento do sistema de alvenaria estrutural possui um caráter estimativo não foi possível realizar uma real avaliação entre os dois métodos para essa etapa construtiva, no entanto podemos obter uma ideia da distinção que existe entre os dois sistemas. Nesta etapa o sistema construtivo de paredes de concreto foi o mais vantajoso economicamente na maioria dos insumos, com um custo de mão de obra 67,1% mais barato, como também um custo mais barato em material, cerca de 43,3% do que na alvenaria estrutural, no entanto é perceptível e de fácil compreensão que o custo do insumo referente aos equipamentos seja mais elevado no sistema de paredes de concreto, já que o sistema utiliza a grua no processo de execução.

Para os custos com a execução das lajes nos dois sistemas, obteve-se o gráfico 3:

Gráfico 3: Gráfico do custo por m² da etapa de execução da laje

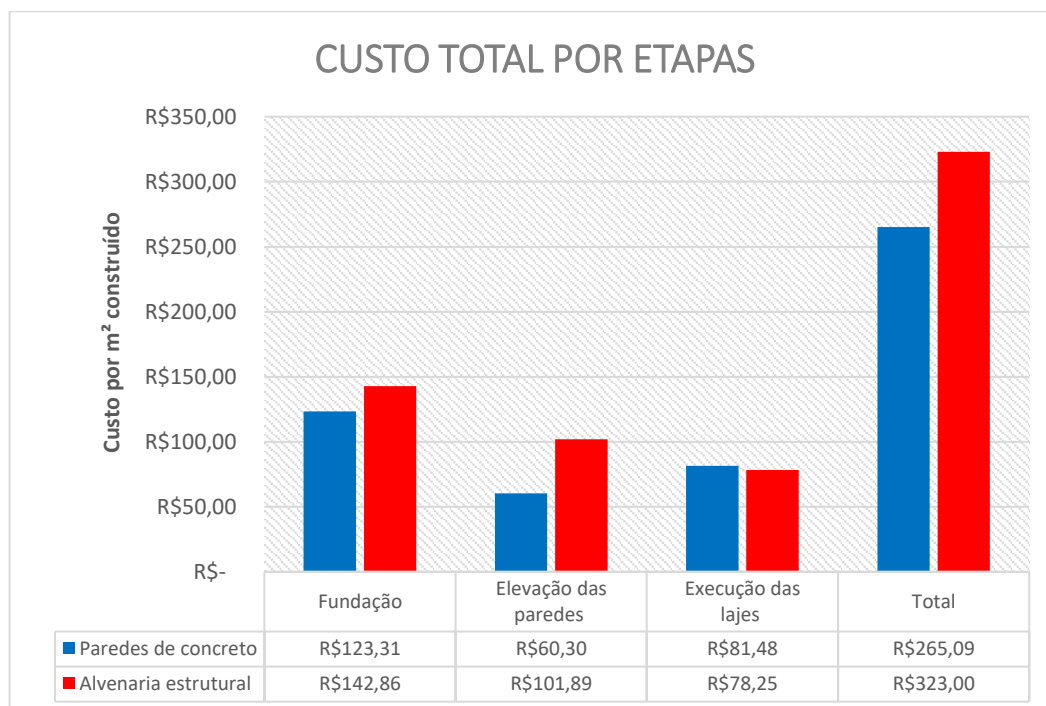
Fonte: O autor

Neste aspecto, foi possível perceber que o tipo de laje utilizada para a estrutura em paredes de concreto possui um valor semelhante em relação ao de alvenaria estrutural. É importante destacar que a laje no sistema de paredes de concreto é apenas 4,1% mais cara do que a utilizada em alvenaria estrutural. A tipologia utilizada na alvenaria estrutural é a de laje pré-moldada para piso, com vãos até 4,50m e com espessura de 8cm e ferragens negativas. Já no sistema de paredes de concreto a construção da laje é feita no local, com concreto bombeável de 25 MPa, telas soldadas e nervuradas do tipo Q 159 do aço CA-50 e com vergalhões de aço CA 50 com diâmetros de 10 mm. O grande diferencial entre os dois sistemas é a utilização da grua também na execução das lajes.

8.3 Custo total da estrutura

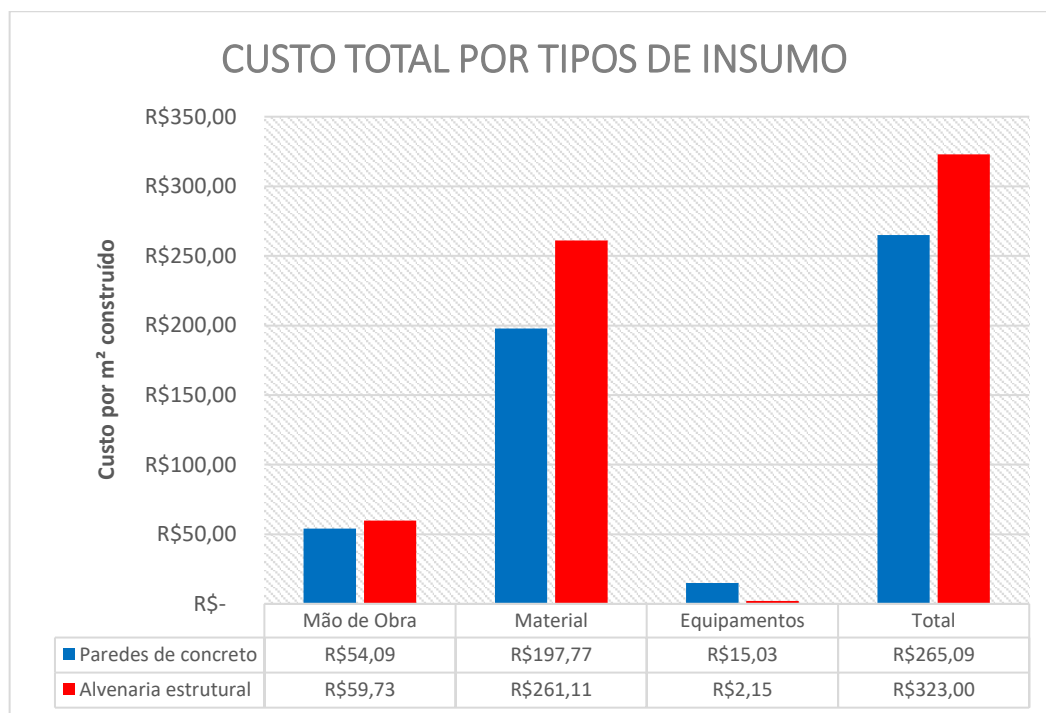
Com o agrupamento das etapas anteriores foi possível obter o gráfico 4 com a comparação do custo global da obra em relação a cada etapa analisada neste capítulo.

Gráfico 4: Gráfico do custo global das etapas por m²



Fonte: O autor

Observa-se então que os custos com a execução das lajes foram praticamente semelhantes entre os dois sistemas com uma diferença de apenas 4,1% a mais para o sistema de paredes de concreto, no entanto o sistema de alvenaria estrutural apresentou um custo mais elevado que o sistema de paredes de concreto nas demais etapas, cerca de 15,8% na fundação e 69,0% para a elevação das paredes. Pesando sobre o empreendimento em alvenaria estrutural um custo mais elevado tanto com material, como com a mão de obra, como é possível no gráfico 5, devido a necessidade de uma mão de obra especializada e um maior volume de material para a construção do empreendimento.

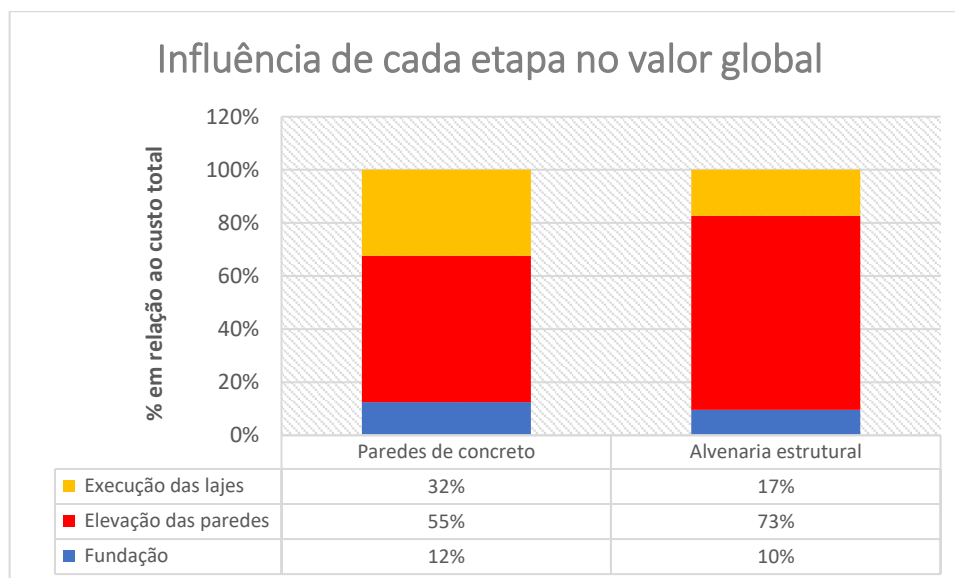
Gráfico 5: Gráfico do custo global dos tipos de insumo por m²

Fonte: O autor

8.4 Peso das etapas no custo global da estrutura

A partir dos dados apresentados neste capítulo, foi possível analisar a influência de cada etapa no custo global da obra para o melhor entendimento sobre a etapa de maior peso de cada sistema. Nesse caso o principal elemento verificado é a superestrutura, mais especificamente a elevação das paredes, essa relação acontece devido a necessidade destes elementos receberem mais cuidados na hora da execução por parte da mão de obra. No sistema de alvenaria estrutural, a etapa de elevação das paredes foi responsável por demandar 73 % do custo total do sistema estrutural, assim como no sistema de paredes de concreto que atingiu um valor de 54% na mesma etapa.

Gráfico 6: Gráfico da influência de cada etapa no custo global dos sistemas



Fonte: O autor

Como pode-se observar no sistema de alvenaria estrutural a etapa de elevação das paredes foi responsável por demandar 73,0 % do custo total do sistema estrutural, assim como no sistema de paredes de concreto que atingiu um valor de 55% na mesma etapa. Vale lembrar que estes valores demonstram a importância das paredes em ambos sistemas, pois elas são os elementos estruturais da construção que possuem a finalidade de transferir as cargas atuantes diretamente para as fundações.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao grande crescimento do mercado da construção civil aliado com o déficit habitacional, várias empresas do ramo de construção civil estão percebendo uma atividade lucrativa no setor da construção de conjuntos habitacionais. A maximização dos lucros é buscada a todo o momento e para que isso seja buscado é necessário que o canteiro tenha uma logística adequada, velocidade na produção e uma mão de obra qualificada, como é o caso da Construtora Mori Mori que adotou o sistema de paredes de concreto moldadas no local.

O estudo dessa pesquisa além de realizar um estudo de caso em dois empreendimentos com âmbito residencial comparando os seus custos reais, também buscou analisar o tempo de execução nos diversos serviços e a produtividade da equipe em cada sistema, no entanto o levantamento dos dados sobre o sistema de alvenaria estrutural não continha os dados necessários para que fosse realizada a análise comparativa entre os tempos de execução para cada etapa e a produtividade das equipes.

Como já foi mencionado anteriormente no estudo dos sistemas construtivos, a concepção do método construtivo a ser empregado em um empreendimento se encontra dependente de uma análise das peculiaridades de cada um, e também de um estudo de viabilidade entre as alternativas disponíveis.

Com o encerramento desse estudo foi possível verificar que o valor por metro quadrado dos sistemas de paredes de concreto moldadas in loco e alvenaria estrutural foram R\$ 265,09 e R\$ 323,00 respectivamente, resultando em uma viabilidade econômica para o sistema de paredes de concreto, que mostrou ser mais barato cerca de 17,9% em relação ao de alvenaria estrutural. No entanto esta realidade só se torna verdadeira apenas em obras de grande escala, que foi o caso deste trabalho, pois o investimento nas tecnologias, equipamento e fôrmas de alumínio possui alto valor, inviabilizando obras de menor porte em que a aplicação do mesmo método não seria bem avaliada. Além do custo analisado de construção, a gestão de obra para o sistema de paredes de concreto é consideravelmente mais enxuta, quando se verifica a equipe indireta que o engenheiro terá que coordenar e o número de insumos e serviços que serão reduzidos e melhor controlados.

O sistema de alvenaria estrutural quando analisado em grande escala não se torna tão vantajoso quanto o sistema de paredes de concreto, devido ao custo e ao prazo de construção, ambos mais elevado para esse tipo de sistema industrializado. Entretanto quando há demanda

de empreendimento de menor porte, sem grandes níveis de repetições e com diferentes arranjos, o sistema de alvenaria estrutural pode se tornar uma excelente alternativa.

Como sugestões para trabalhos posteriores se encontra necessário no mercado uma análise sobre o impacto de custo em obras verticais mais altas em alvenaria estrutural e parede de concreto, na questão ambiental seria uma ótima ideia a realização de um estudo do impacto da geração de resíduos entre os dois sistemas, como também novas técnicas que otimizem ainda mais a utilização de cada modelo construtivo, com o objetivo de executar construções mais racionalizadas.

REFERÊNCIAS

- ABNT-NBR16055. – “Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos”., 2012.
- ABNT-NBR6136. Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos, 2008.
- ALTOQI. Alvenaria estrutural e concreto armado, 04 Dezembro 2017. Disponível em: <<http://www.altoqi.com.br/galeria-de-projetos/galeria/residencial-alvenaria-estrutural-e-concreto-armado/>>.
- ARRUDA, T. H. V. Concreto Armado E Alvenaria Estrutural: Estudo Comparativo Financeiro Na Implantação De Sistema Estrutural Em Edificações De Múltiplos Pavimentos Com Interesse Habitacional No Município De Caruaru, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.favip.edu.br:8080/bitstream/123456789/2408/1/TCC+II+Thiago+H+V+Arruda+Dep%EF%BF%BD%EF%BF%BDsito.pdf>>.
- BARROS, M. J. D. M. Estudo Comparativo Do Uso Da Alvenaria Estrutural Não Armada De Bloco De Concreto E Parede De Concreto Armado Moldada In Loco Na Cidade De Juazeiro Do Norte-Ce, 2015.
- BRUNA, P. Arquitetura, Industrialização E Desenvolvimento, São Paulo, v. 135, 1976.
- CAIXA, E. F. Urbana - Minha Casa Minha Vida, 2017. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>>.
- CAMACHO, J. S. Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural, 22 Agosto 2007.
- CIDADES, S. P. Passo a Passo - Parede de concreto, 2017. Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/habitacao/1-apoio-a-execucao-habitacao/parede-de-concreto/>>.
- COLTRI, G. Veja o que considerar para a execução das instalações prediais em edificações de alvenaria estrutural, Abril 2016. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/177/artigo369750-1.aspx>>.
- CONSTRUÇÃO, C. D. Parede de concreto, 2017. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/materiais/qualidade/26/materiais.html>>.
- CONSTRUÇÃO, C. D. Sistemas à base de cimento, 17 nov. 2017. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/especificacoes/qualidade/11/especificacoes.html>>.

- CONSTRUÇÃO, C. D. Sistemas à base de cimento, 2017. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/projetos-complementares/projeto/8/projetos-complementares.html>>.
- CONSTRUINDODECOR. Parede de concreto na construção civil, 2017. Disponível em: <<http://construindodecor.com.br/paredes-de-concreto/>>.
- FARIA, R. Paredes maciças, 2009. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/143/paredes-macicas-286570-1.aspx>>.
- FERREIRA, A. S. Estudo comparativo de Sistemas Construtivos Industrializados: Paredes de Concreto, Steel Frame e Wood Frame, Santa Maria, 2014.
- HOFFMANN, L. G. Alvenaria Estrutural: um levantamento das vantagens, desvantagens e técnicas utilizadas, com base em uma pesquisa bibliográfica nacional, 7 Novembro 2012.
- HOMETEKA. Entenda a diferença entre construção convencional e alvenaria estrutural, 2014. Disponível em: <<https://www.hometeka.com.br/aprenda/entenda-a-diferenca-entre-construcao-convencional-e-alvenaria-estrutural/>>.
- JACQUES, C. A. Avaliação Pós-Ocupação do Núcleo Habitacional Santa Maria-SM, Santa Maria, 2008.
- KALIL, S. M. B. Alvenaria Estrutural, 2007.
- MACHADO, J. F. Diretrizes para Projetos em ALvenaria Estrutural – Modulações e Detalhamentos, Santa Maria, 2014.
- MASTELLA, C. G. Avaliação Pós-Ocupação Em Habitação De Interesse Social Com Ênfase No Valor Percebido Pelo Usuário, Ijuí, 2014.
- PASTRO, R. Z. Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural, Itatiba, 20 Novembro 2007.
- PERNAMBUCO, P. D. SAD - Programa Habitacional, 2012. Disponível em: <<http://www.portais.pe.gov.br/web/sad/programa-habitacional>>. Acesso em: 17 Agosto 2017.
- PLANALTO, P. Notícia, 06 fev. 2017. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/acompanhe-planalto/noticias/2017/02/setor-da-construcao-civil-aposta-em-crescimento-e-geracao-de-empregos-com-mudancas-no-mcmv>>.
- SAHARA. Obras em Alvenaria, 2015. Disponível em: <<http://www.sahara.com.br/artefatos-vibro-moldado/blocos-de-concreto.php>>.
- SANTOS, A. Norma populariza parede de concreto moldada “in loco”, 2012. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/norma-populariza-parede-de-concreto-moldada-in-loco/>>.
- SANTOS, E. D. B. Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares, 2013.

APÊNDICE A – Residencial B: Memorial de Cálculo

MEMÓRIA DE CÁLCULO - RESIDENCIAL B						
Item	Discriminação dos serviços	CÁLCULOS				
		COMPR. (PERÍM.)	LARG.	ALTURA	TAXA	TOTAL
1 FUNDAÇÃO						
1.1 SERVIÇOS PRELIMINARES E EM TERRA						
1.1.1	Locação da obra, com uso de equipamentos topográficos, inclusive nivelador	‘	-	-	-	412,64 m²
1.1.2	Regularização do terreno com corte e aterro compensado	área construída				
	Base Fundação Radier	-	412,64 M²	0,60 M	-	247,58 m³
	TOTAL					247,58 m³
1.1.3	Compactação mecânica do terreno, (c/compactador placa 400 kg)					
	Base Fundação Radier	-	-	-	-	412,64 m²
	TOTAL					412,64 m²
1.1.4	Lastro de brita N. 1	área construída				
	Base de Apoio da Fundação Radier	-	412,64 M²	0,07 M	-	28,88 m³
	TOTAL					28,88 m³
1.1.5	Fornecimento/instalação lona plástica preta, para impermeabilização, espessura 150 micras.					
	Impermeabilização da Base de Apoio da Fundação Radier	-	-	-	-	247,58 m²
	TOTAL					247,58 m²
1.2 RADIER EM CONCRETO ARMADO						
1.2.1	Forma tabua p/ concreto em fundação radier					
		121,6 M	-	0,18 M	-	21,89 m²
	TOTAL					21,89 m²
1.2.2	Armação em tela de aço soldada nervurada Q-196, aço CA-60, 5.0mm, malha 10x10cm					
	Área de Fundação Construída * 2 (Tela Reforçada)	-	-	-	2	825,28 m²
	TOTAL					825,28 m²
1.2.3	Concretagem de lajes em edificações multifamiliares feitas com concreto	área construída				

	usinado bombeável, fck 25 MPa, lançado com bomba - lançamento, adensamento e acabamento. Af_06/2015					
	Área de Base Construída (e=18cm)	-	412,64 m²	0,18 m	-	74,28 m³
	TOTAL					74,28 m³
2 SUPERESTRUTURA/ALVENARIA						
2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL						
2.1.1	Alvenaria estrutural de blocos cerâmicos 14x19x29, (espessura de 14 cm), para paredes com área líquida maior ou igual a 6m², com vãos, utilizando palheta.					
	Extraído do Levantamento do Projeto	348,66m	-	3,0 m	4	4.183,92 m²
	total					4.183,92 m²
2.1.2	Argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação, preparo manual. Af_06/2014					
	Consumo Registrado de 0,0174 m³/m² de alvenaria (Dado fornecido pela empresa)	-	-	-	-	72,80 m³
	total					72,80 m³
2.2 GRAUTEAMENTO						
2.2.1	Armação vertical de alvenaria estrutural; diâmetro de 10,0 mm. Af_01/2015					
	Baseado no consumo de 2,78KG/m² de alvenaria (Dado fornecido pela empresa)	-	-	-	-	4.588,56 m²
	TOTAL					4.588,56 m²
2.2.2	Graute fck=15 MPa; traço 1:0,04:2,0:2,4 (cimento/ cal/ areia grossa/ brita 0) - preparo mecânico com betoneira 400 l. Af_02/2015					
	Baseado no consumo de 0,041m³/m² de alvenaria (Dado fornecido pela empresa)	-	-	-	-	67,67 m³
	TOTAL					67,67 m³
2.2.3	Serviço de grauteamento vertical em alvenaria estrutural. Af_01/2015					
	34,1% de todo graute lançado por pavimento	-	-	-	-	23,08 m³
	TOTAL					23,09 m³

2.2.4	Serviço de grauteamento de cinta intermediária ou de contraverga em alvenaria estrutural. Af_01/2015					
	32,95% de todo graute lançado por pavimento	-	-	-	-	22,30 m³
	TOTAL					22,30 m³
2.2.5	Serviço de grauteamento de cinta superior ou de verga em alvenaria estrutural. Af_01/2015					
	32,95% de todo graute lançado por pavimento	-	-	-	-	22,30 m³
	TOTAL					22,30 m³
2.3 LAJES						
2.3.1	Laje pré-moldada p/piso, sobrecarga 200kg/m2, vãos até 4,50m/e=10cm, c/lajotas e cap. c/conc. fck=25mpa, 5cm, inter-eixo 38cm, c/escoramento (reapr.3x) e ferragem negativa	Área construída				
	Extraído do Projeto	-	412,64 m²	-	4	1.650,56 m²
	Desconto áreas livres e de iluminação	-	-	-	-	-12,80 m²
	TOTAL					1.637,76 m²

APÊNDICE B – Residencial B: Planilha de Custos e Insumos

ESTIMATIVA DE CUSTOS - TABELA SINAPI (11/2017)											
ITEM	Discriminação dos serviços	Quant.	Unid.	Custo Unit. Mat.	Custo Total Mat.	Custo Unit. MDO	Custo Total MDO	Custo Unit. Equip.	Custo Total Equip.	Custo Unit. Total	CUSTO TOTAL DE CADA SERVIÇO
1	FUNDAÇÃO				R\$ 49.030,79		R\$ 9.149,02		R\$ 769,57		R\$ 58.949,37
1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES E EM TERRA										
1.1.1	Locação da obra, com uso de equipamentos topográficos, inclusive nivelador	412,64	m²	R\$ 6,96	R\$ 2.871,97	R\$ 11,33	R\$ 4.675,21	R\$ 0,48	R\$ 198,07	R\$ 18,77	R\$ 7.745,25
1.1.2	Regularização do terreno com corte e aterro compensado	247,58	m³	R\$ 2,30	R\$ 569,43	R\$ 0,79	R\$ 195,59	R\$ 2,02	R\$ 500,11	R\$ 5,11	R\$ 1.265,13
1.1.3	Compactação mecânica do terreno, (c/compactador placa 400 kg)	412,64	m²	R\$ 1,44	R\$ 594,20	R\$ 2,48	R\$ 1.023,35	R\$ 0,11	R\$ 45,39	R\$ 4,03	R\$ 1.662,94
1.1.4	Lastro de brita N. 1	28,88	m³	R\$ 58,15	R\$ 1.679,37	R\$ 17,18	R\$ 496,16	R\$ -	R\$ -	R\$ 75,33	R\$ 2.175,53
1.1.5	Fornecimento/instalação lona plástica preta, para impermeabilização, espessura 150 micras.	247,58	m²	R\$ 1,92	R\$ 475,35	R\$ 2,76	R\$ 683,32	R\$ -	R\$ -	R\$ 4,68	R\$ 1.158,67
1.2	RADIER EM CONCRETO ARMADO										
1.2.1	Forma tabua p/ concreto em fundação radier	21,89	m²	R\$ 10,42	R\$ 228,09	R\$ 14,48	R\$ 316,97	R\$ -	R\$ -	R\$ 24,90	R\$ 545,06
1.2.2	Armação em tela de aço soldada nervurada Q-196, aço ca-60, 5.0mm, malha 10x10cm	825,28	m²	R\$ 20,40	R\$ 16.835,71	R\$ 0,57	R\$ 470,41	R\$ -	R\$ -	R\$ 20,97	R\$ 17.306,12
1.2.3	Concretagem de lajes em edificações multifamiliares feitas com concreto usinado bombeável, fck 25 MPa, lançado com bomba - lançamento, adensamento e acabamento. Af_06/2015	74,28	m³	R\$ 347,02	R\$ 25.776,65	R\$ 17,34	R\$ 1.288,02	R\$ 0,35	R\$ 26,00	R\$ 364,71	R\$ 27.090,66
2	SUPERESTRUTURA/ ALVENARIA				R\$ 436.151,05		R\$ 117.483,07		R\$ 819,04		R\$ 554.453,16
2.1	ALVENARIA ESTRUTURAL										
2.1.1	Alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x29 cm, (espessura 14 cm) fbk = 14,0 MPa, para paredes com área líquida maior ou igual a 6m², com vãos, utilizando palheta. Af_12/2014	4.183,92	m²	R\$ 60,44	R\$ 252.876,12	R\$ 15,37	R\$ 64.306,85	R\$ 0,07	R\$ 292,87	R\$ 75,88	R\$ 317.475,85
2.1.2	Argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação, preparo manual. Af_06/2014	72,80	m³	R\$ 312,54	R\$ 22.752,91	R\$ 109,18	R\$ 7.948,30	R\$ 0,79	R\$ 57,51	R\$ 422,51	R\$ 30.758,73
2.2	GRAUTEAMENTO										
2.2.1	Armação vertical de alvenaria estrutural; diâmetro de 10,0 mm. Af_01/2015	4.588,56	kg	R\$ 4,53	R\$ 20.786,18	R\$ 1,23	R\$ 5.643,93	R\$ -	R\$ -	R\$ 5,76	R\$ 26.430,11
2.2.2	Graute fck=15 MPa; traço 1:0,04:2,0:2,4 (cimento/ cal/	67,67	m³	R\$ 217,44	R\$ 14.714,16	R\$ 36,76	R\$ 2.487,55	R\$ 0,92	R\$ 62,26	R\$ 255,12	R\$ 17.263,97

	areia grossa/ brita 0) - preparo mecânico com betoneira 400 l. Af_02/2015										
2.2.3	Serviço de grauteamento vertical em alvenaria estrutural. Af_01/2015	23,09	m³	R\$ 348,93	R\$ 8.056,79	R\$ 198,34	R\$ 4.579,67	R\$ 1,91	R\$ 44,10	R\$ 549,18	R\$ 12.680,57
2.2.4	Serviço de grauteamento de cinta intermediária ou de contraverga em alvenaria estrutural. Af_01/2015	22,30	m³	R\$ 317,43	R\$ 7.078,69	R\$ 132,42	R\$ 2.952,97	R\$ 2,47	R\$ 55,08	R\$ 452,32	R\$ 10.086,74
2.2.5	Serviço de grauteamento de cinta superior ou de verga em alvenaria estrutural. Af_01/2015	22,30	m³	R\$ 336,41	R\$ 7.501,94	R\$ 181,48	R\$ 4.047,00	R\$ 2,76	R\$ 61,55	R\$ 520,65	R\$ 11.610,50
3.0	LAJES				R\$ 102.384,25		R\$ 25.516,80		R\$ 245,66		R\$ 128.146,71
3.1	Laje pré-moldada p/piso e escada, sobrecarga 200kg/m2, vãos até 4,50m/e=10cm, c/lajotas e cap. c/conc. Fck=25mpa, 5cm, inter-eixo 38cm, c/escoramento (reapr.3x) e ferragem negativa	1.637,76	m²	R\$ 53,06	R\$ 86.899,55	R\$ 11,53	R\$ 18.883,37	R\$ 0,15	R\$ 245,66	R\$ 64,74	R\$ 106.028,58
3.2	Armação de aço ca-60 diam. 3,4 a 6,0mm.- fornecimento / corte (c/perda de 10%) / dobra / colocação.	1.980,00	ton	R\$ 5,30	R\$ 10.494,00	R\$ 2,27	R\$ 4.494,60	R\$ -	R\$ -	R\$ 7,57	R\$ 14.988,60
3.3	Estrutura de Aço complementar (escada metálica p/saída de emergência	32,50	m²	R\$ 153,56	R\$ 4.990,70	R\$ 65,81	R\$ 2.138,83	R\$ -	R\$ -	R\$ 219,37	R\$ 7.129,53

APÊNDICE C – Residencial Acauã: Levantamento do quantitativo

EMPREENHIMENTO:		RESIDENCIAL ACAUÃ			
LOCAL:		AVENIDA BRASIL, CARUARU-PE			
ITENS		MATERIAL	UNID	QUANT. POR BLOCO	
1.0 BASE-LAJE RADIER		DESCRIÇÃO			
ESTRUTURA					
1.0.1	MONTAGEM E	LONA PLÁSTICA 150 MICRA	m2	300,00	
	DESMONTAGEM	FORMA MADEIRA COM REAPROVEITAMENTO	m	85,00	
	DA FÔRMA,	TELA SOLDADA NERVURADA Q 196 CA-50	pc	25,00	
	FABRICAÇÃO E	VERGALHÃO 8.0 mm CA 50 (vergalhão com 12m)	kg	1516,80	
	COLOCAÇÃO DAS	VERGALHÃO 12.5 mm CA 50 (vergalhão com 12m)	kg	145,00	
	TUBULAÇÕES EM	ARAME RECOZIDO	kg	25,00	
	GERAL,	ESPAÇADORES	unid	300,00	
COLOCAÇÃO DA					
LONA, CORTE,					
DOBRA E					
ARMAÇÃO DA					
TELA SOLDADA					
COM					
ESPAÇADORES					
CONCRETO					
1.0.4	LANÇAMENTO E	CONCRETO BOMBEÁVEL FCK=25 MPA	m³	65,00	
	ADENSAMENTO DO CONCRETO	SERVIÇO DE BOMBEAMENTO DE CONCRETO	m³	65,00	
2.0 PAREDES					
ESTRUTURA					
2.0.1	CORTE, DOBRA E	TELA Q 92 CA-50	pc	144,00	
	ARMAÇÃO DE	VERGALHÃO 8.0 mm CA 50 (0,395 kg/m) (vergalhão com 12m)	kg	611,00	
	TELAS DE AÇO E	VERGALHÃO 10.0 mm CA 50 (0,617 kg/m) (vergalhão com 12m)	kg	310,00	
	VERGALHÕES DE	VERGALHÃO 12.5 mm CA 50 (0,963 kg/m) (vergalhão com 12m)	kg	721,00	
	AÇO COM	ARAME RECOZIDO N° 18	kg	55,00	
	ESPAÇADORES	ESPAÇADORES PARA TELAS	unid	2200,00	
FORMAS					
		FORMA METÁLICA PERFILENE	vb	1,00	
LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DO CONCRETO					
2.0.5	LANÇAMENTO DO	CONCRETO AUTOADENSÁVEL FCK=25 MPA	m3	196,00	
	CONCRETO DAS	SERVIÇO DE BOMBEAMENTO DE CONCRETO	m3	196,00	
	PAREDES E	DESMOLDANTE	l	40,00	
LIMPEZA PÓS					
CONCRETAGEM					

4.0 LAJE				
ESTRUTURA				
4.0.1	CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO DE TELAS DE AÇO E VERGALHÕES DE AÇO COM ESPAÇADORES	TELA Q 159 CA-50	pc	96,00
		VERGALHÃO 5.0 mm CA 50 (0,154 kg/m) (vergalhão com 12m)	kg	260,00
		VERGALHÃO 10.0 mm CA 50 (0,617 kg/m) (vergalhão com 12m)	kg	349,00
		VERGALHÃO 12.5 mm CA 50 (0,963 kg/m) (vergalhão com 12m)	kg	519,00
		ARAME RECOZIDO Nº 18	kg	50,00
		ESPAÇADORES PARA TELAS	unid	1500,00
LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DO CONCRETO				
4.0.4	LANÇAMENTO DO CONCRETO DAS LAJES E LIMPEZA PÓS CONCRETAGEM	CONCRETO BOMBEAVÉL FCK=25 MPA	m3	128,00
		SERVIÇO DE BOMBEAMENTO DE CONCRETO	m3	128,00
		DESMOLDANTE	l	6,00
FORMAS E ESCORAMENTO				
4.0.5	MONTAGEM E DESMONTAGEM DA FORMA	MADERITE DE 18 mm RESINADO COM REAPROVEITAMENTO5 VEZES	m2	320
		PREGO 2 1/2 X 18	kg	56,00
		ESCORAMENTO EM PERFIL METÁLICO	vb	1,00

APÊNDICE D – Residencial Acauã: Planilha de Custos

1.0 FUNDAÇÃO TIPO RADIER					
SERVIÇOS	DESCRIÇÃO	Coef	Und	Valor Unit	Valor Total
1.0.1	Forma plana para execução de radier	30	m²	R\$ 58,34	R\$ 1.750,20
1.0.2	Montagem de armadura em tela de aço	367,5	m²	R\$ 0,93	R\$ 341,78
1.0.3	Montagem de aço CA - 50 Média D = 6.3 a 10, 0 mm	1517	kg	R\$ 2,62	R\$ 3.974,02
1.0.4	Montagem de aço CA - 50 grossa D =12.5 a 32, 0 mm	145	kg	R\$ 3,65	R\$ 529,25
1.0.5	Lançamento e adensamento de concreto com régua vibratório	300	m²	R\$ 2,79	R\$ 837,00
1.0.6	Compactação de mecânica	25	m³	R\$ 10,48	R\$ 262,00
1.0.7	Escavação manual de vala para rede hidrossanitária	3	m³	R\$ 26,51	R\$ 79,53
1.0.8	Locação da obra com auxílio topográfico	1	h	R\$ 156,37	R\$ 156,37
1.0.9	Serviço de retroescavadeira	1	h	R\$ 706,97	R\$ 706,97
1.0.10	Desmontagem forma do radier	1	h	R\$ 194,10	R\$ 194,10
ESTRUTURA					
1.1.1	Lona plástica 150 micras	300	m2	R\$ 0,51	R\$ 153,00

1.1.2	Forma madeira com reaproveitamento	85	m	R\$ 6,78	R\$ 576,30
1.1.3	Tela soldada nervurada Q 196 ca-50	25	pc	R\$ 159,00	R\$ 3.975,00
1.1.4	VERGALHÃO 8.0 mm CA 50 (vergalhão com 12m)	1517	kg	R\$ 2,81	R\$ 4.262,21
1.1.5	VERGALHÃO 12.5 mm CA 50 (vergalhão com 12m)	145	kg	R\$ 2,70	R\$ 391,50
1.1.6	Arame recozido	25	kg	R\$ 4,90	R\$ 122,50
1.1.7	Espaçadores	300	und	R\$ 0,15	R\$ 45,00
CONCRETO					
1.2.1	Concreto bombeável fck=25 MPa	65	m³	R\$ 265,00	R\$ 17.225,00
1.2.2	Serviço de bombeamento de concreto	65	m³	R\$ 30,00	R\$ 1.950,00
				SUB TOTAL	R\$ 37.531,72
2.0 PAREDES					
SERVIÇOS					
2.0.1	Montagem de forma metálica para parede	4	h	R\$ 4.193,19	R\$ 16.772,76
2.0.2	Montagem de armadura em tela de aço	4	h	R\$ 2.825,59	R\$ 11.302,36
2.0.3	Lançamento e adensamento de concreto com régua vibratório	4	h	R\$ 209,22	R\$ 836,88

2.0.4	Desmontagem de forma metálica	4	h	R\$ 3.167,03	R\$ 12.668,12
ESTRUTURA					
2.1.1	Tela Q 92 ca-50	144	pc	R\$ 75,97	R\$ 10.939,68
2.1.2	VERGALHÃO 8.0 mm CA 50 (0,395 kg/m) (vergalhão com 12m)	611	kg	R\$ 2,81	R\$ 1.716,91
2.1.3	VERGALHÃO 10.0 mm CA 50 (0,617 kg/m) (vergalhão com 12m)	310	kg	R\$ 2,40	R\$ 744,00
2.1.4	VERGALHÃO 12.5 mm CA 50 (0,963 kg/m) (vergalhão com 12m)	721	kg	R\$ 2,70	R\$ 1.946,70
2.1.5	Arame recozido nº 18	55	kg	R\$ 4,90	R\$ 269,50
2.1.6	Espaçadores para telas	2200	unid	R\$ 0,15	R\$ 330,00
FORMAS					
2.1.1	Forma metálica perfiline	1	vb	R\$ 26.000,00	R\$ 26.000,00
LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DO CONCRETO					
2.2.1	Concreto autoadensável fck=25 MPa	276	m³	R\$ 270,00	R\$ 74.520,00
2.2.2	Serviço de bombeamento de concreto	276	m³	R\$ 30,00	R\$ 8.280,00
2.2.3	Desmoldante	40	l	R\$ 2,67	R\$ 106,80
(1 torre) SUB TOTAL					R\$ 166.433,71
3.0 LAJE					

SERVIÇOS						
3.0.1	Montagem de forma p/ laje com escoramento.	1200	m²	R\$ 10,37	R\$ 12.444,00	
3.0.2	Montagem de armadura em tela de aço	1200	kg	R\$ 1,10	R\$ 1.320,00	
3.0.3	Montagem de aço CA - 50 Média D = 6.3 a 10, 0 mm	519	kg	R\$ 2,92	R\$ 1.515,48	
3.0.4	Montagem de aço CA - 50 grossa D =12.5 a 32, 0 mm	609	kg	R\$ 3,65	R\$ 2.222,85	
3.0.5	Lançamento e adensamento de concreto com régua vibratório	1200	m²	R\$ 2,79	R\$ 3.348,00	
3.0.6	Desmontagem forma do radier	4	h	R\$ 194,10	R\$ 776,40	
3.0.7	Serviço de grua	12	h	R\$ 659,37	R\$ 7.912,44	
ESTRUTURA						
3.1.1	Tela Q 159 ca-50	96	pc	R\$ 129,31	R\$ 12.413,76	
3.1.2	VERGALHÃO 5.0 mm CA 50 (0,154 kg/m) (vergalhão com 12m)	260	kg	R\$ 2,31	R\$ 600,60	
3.1.3	VERGALHÃO 10.0 mm CA 50 (0,617 kg/m) (vergalhão com 12m)	349	kg	R\$ 2,40	R\$ 837,60	
3.1.4	VERGALHÃO 12.5 mm CA 50 (0,963	519	kg	R\$ 2,70	R\$ 1.401,30	

	kg/m) (vergalhão com 12m)				
3.1.5	Arame recozido n° 18	50	kg	R\$ 4,90	R\$ 245,00
3.1.6	Espaçadores para telas	1500	unid	R\$ 0,15	R\$ 225,00
FORMAS E ESCORAMENTO					
3.2.1	Maderite de 18 mm resinado com reaproveitamento de 5 vezes	320	m²	R\$ 28,93	R\$ 9.257,60
3.2.2	Prego 2 1/2 x 18	56	kg	R\$ 8,61	R\$ 482,16
3.2.3	Escoramento em perfil metálico	1	vb	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DO CONCRETO					
3.3.1	Concreto bombeável fck=25 MPa	128	m³	R\$ 265,00	R\$ 33.920,00
3.3.2	Serviço de bombeamento de concreto	128	m³	R\$ 30,00	R\$ 3.840,00
3.3.3	Desmoldante	6	l	R\$ 2,67	R\$ 16,02
(laje) SUB TOTAL					R\$ 97.778,21
(laje + parede) TOTAL					R\$ 301.743,64

APÊNDICE E – Residencial Acauã: Registro Fotográfico

Foto 1: Grua para levantamento e movimentação de materiais



Foto 2: Fôrmas e painéis internos



Foto 3: Canteiro de obras



Foto 4: Blocos concluídos



Foto 5: Painéis internos fixados no radier



Foto 6: Fôrmas posicionadas



Foto 7: Área de lazer do Residencial Acauã



Foto 8: Retroescavadeira hidráulica



Foto 9: Fôrma sendo posicionada pela grua



Foto 10: Fôrma sendo posicionada



Foto 11: Grua posicionando as fôrmas



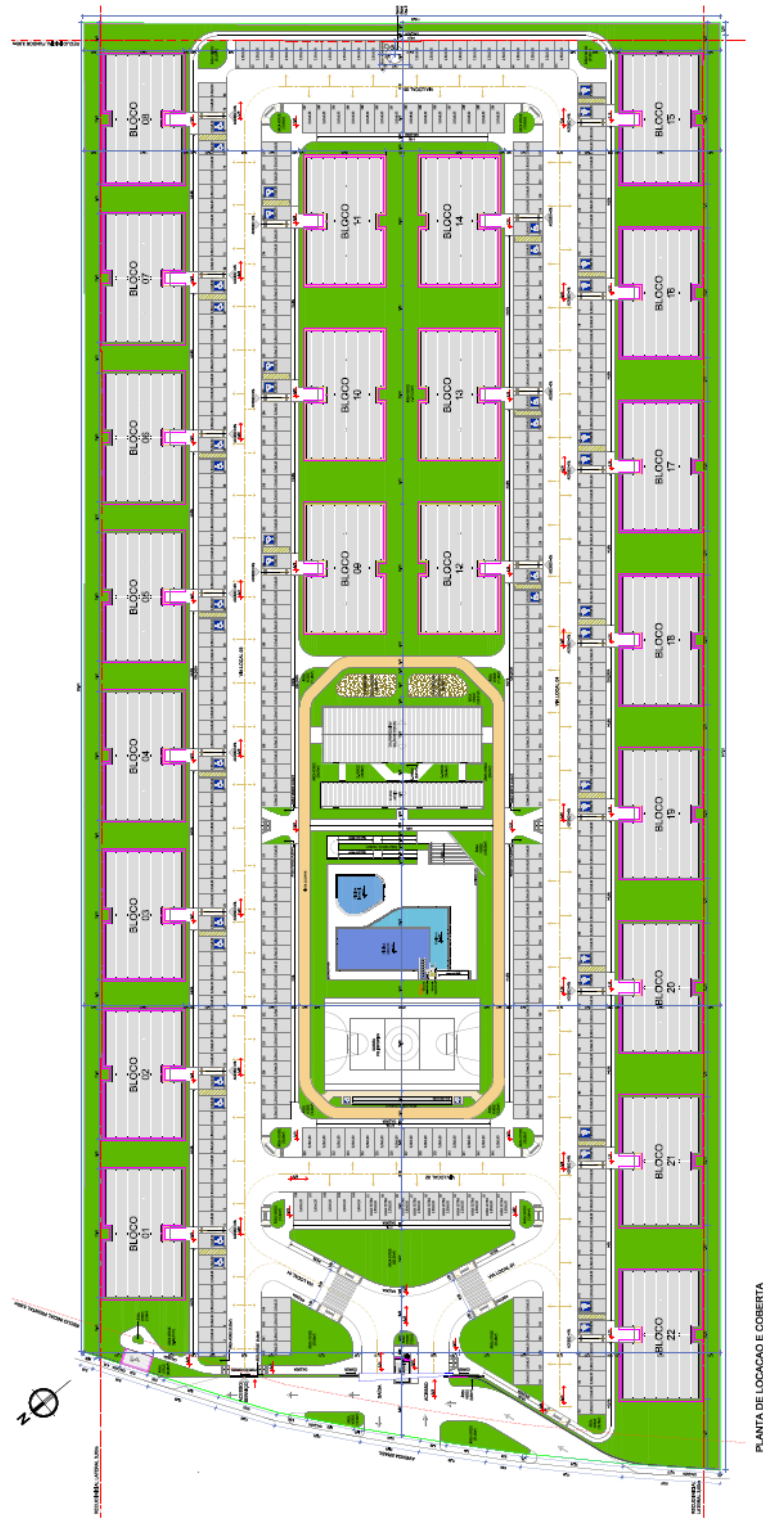
Foto 12: Canteiro de obras



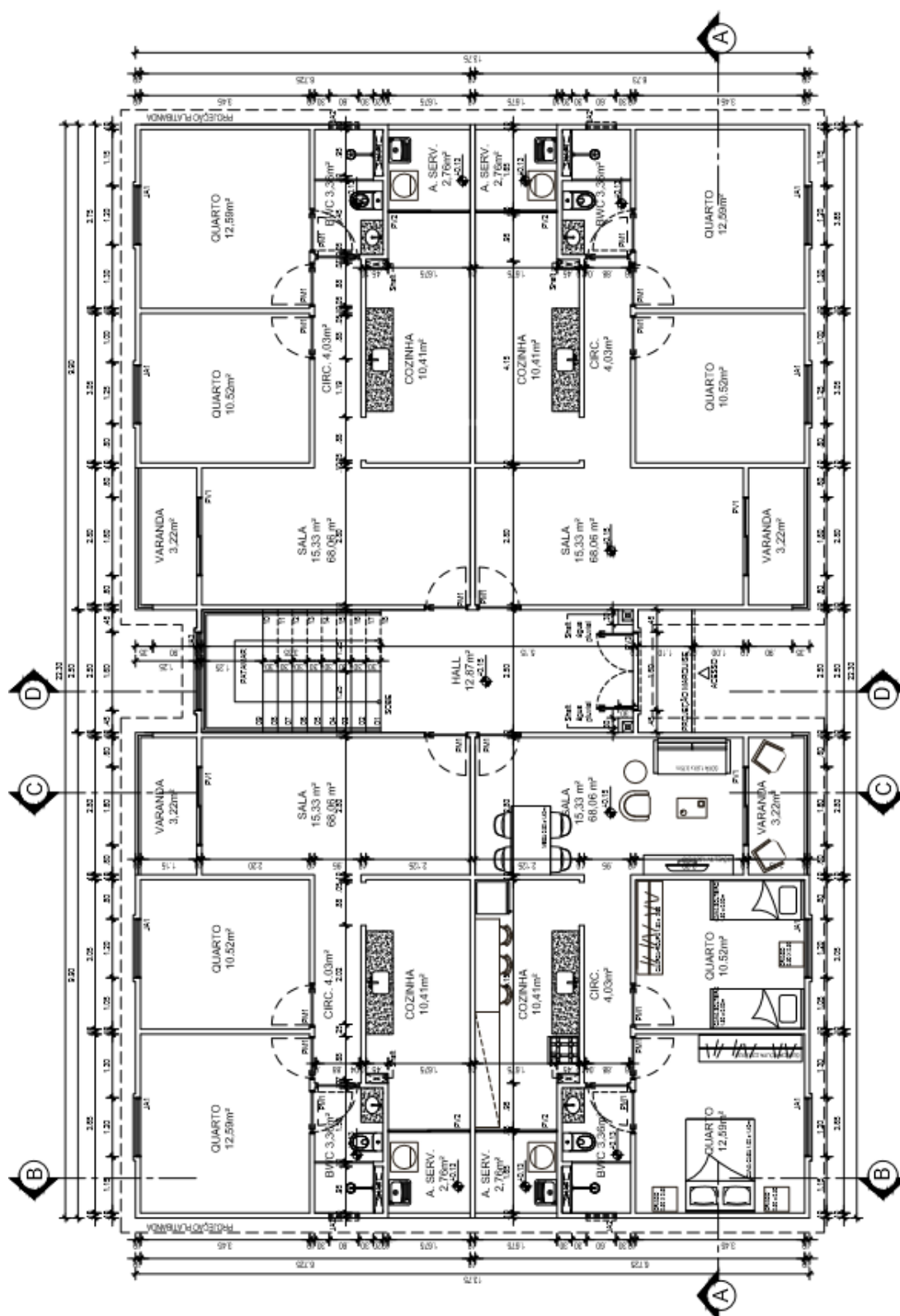
Foto 13: Canteiro de obras



ANEXO A – Residencial Acauã: Implantação

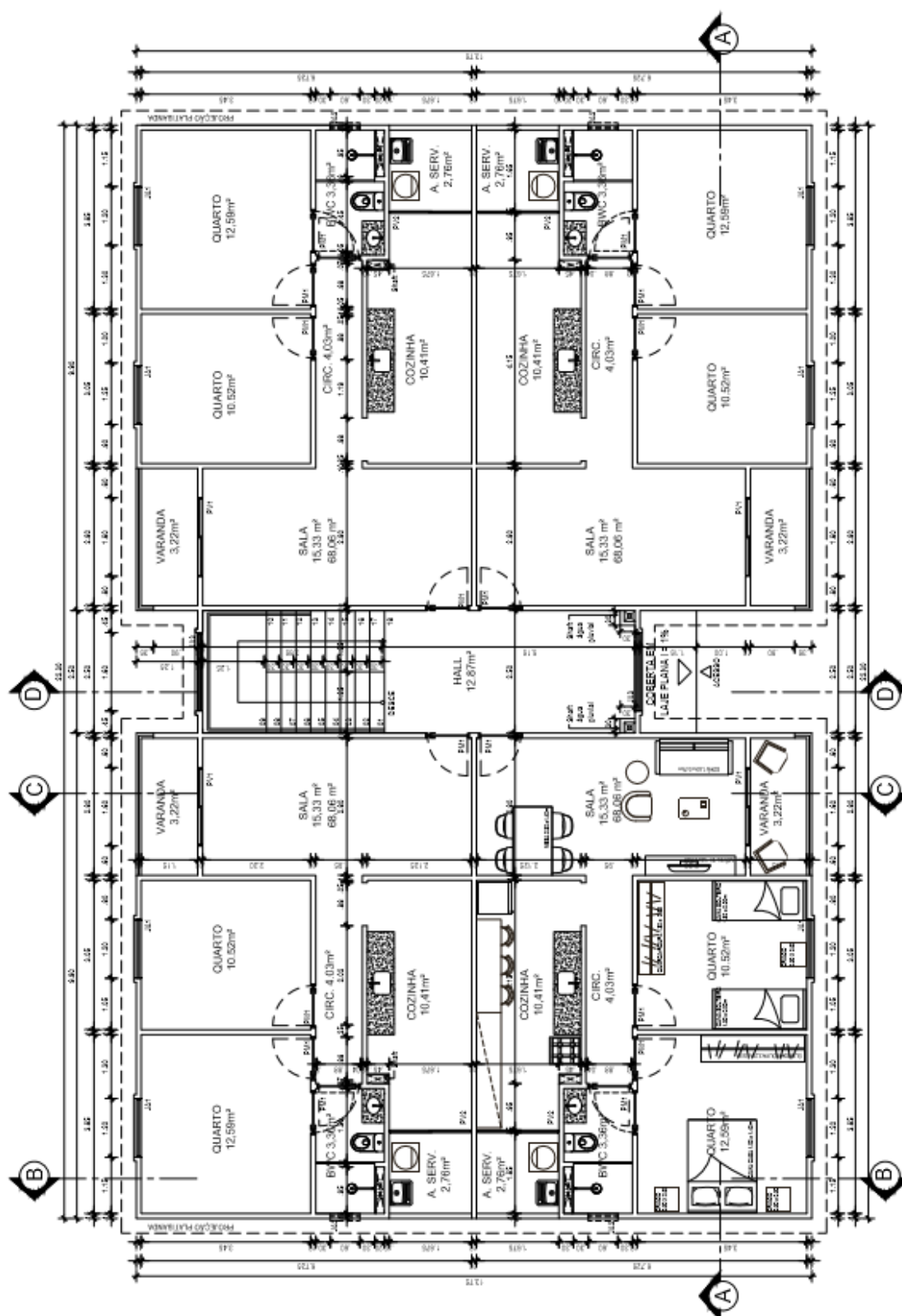


ANEXO B – Residencial Acauã: Planta baixa térreo



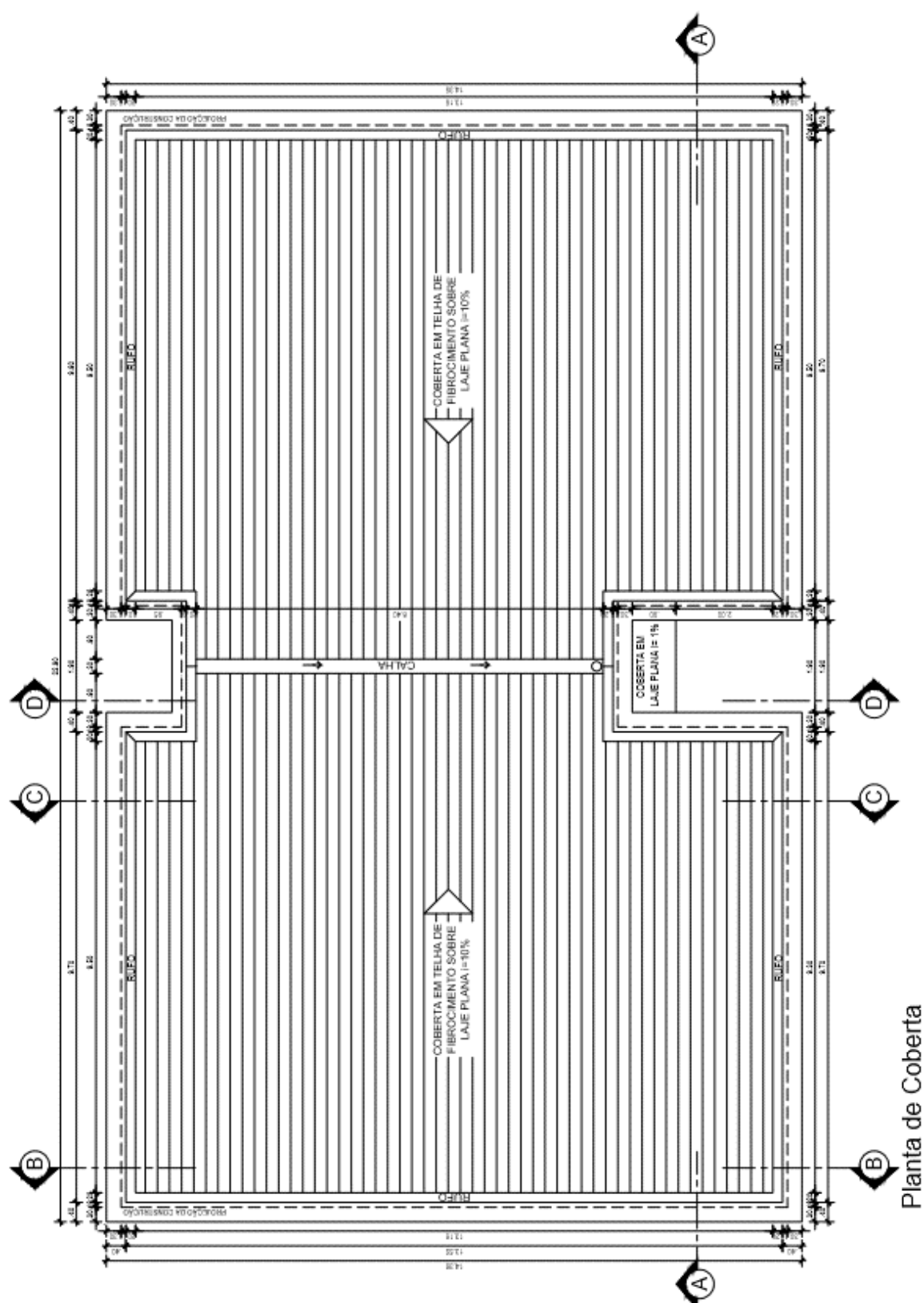
Planta Baixa Terren

ANEXO C – Residencial Acauã: Planta baixa tipo

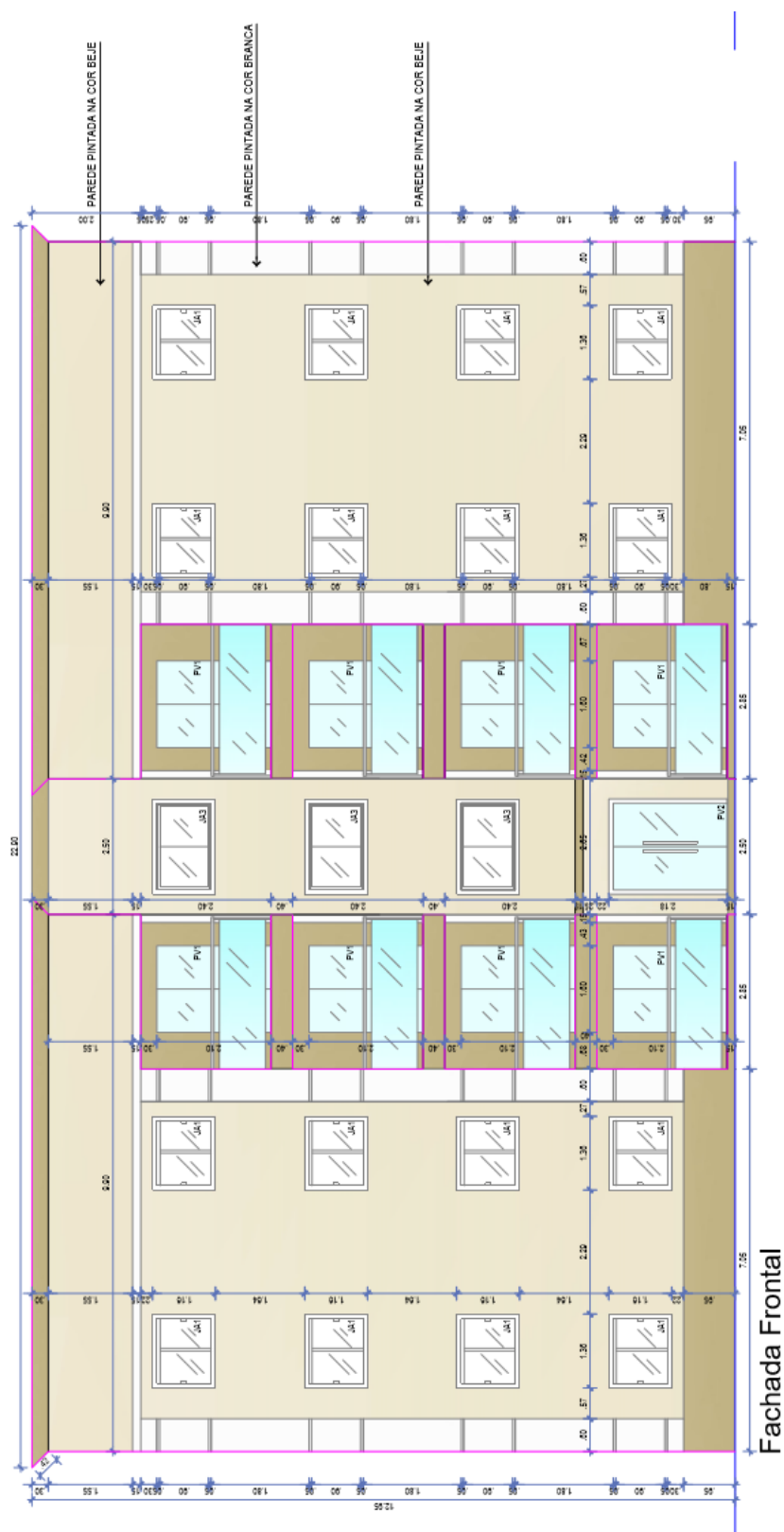


Planta Baixa Tipo

ANEXO D – Residencial Acauã: Planta de Cobertura



ANEXO E – Residencial Acauã: Planta de Fachada



ANEXO F – Residencial Acauã: Planta de Corte



ANEXO G – Residencial B: Planta baixa 2 quartos – 1ª opção



ANEXO H – Residencial B: Planta baixa 2 quartos – 2ª opção

