



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Ariane Martins Nunes

ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso de projeto e compatibilização

Palmas –TO,
2017



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Ariane Martins Nunes

ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso de projeto e compatibilização

Projeto elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC) do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Junior.

Palmas – TO,
2017

Ariane Martins Nunes

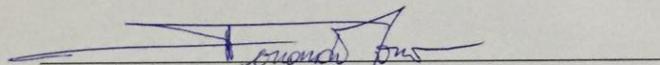
ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso de projeto e compatibilização

Projeto elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC) do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

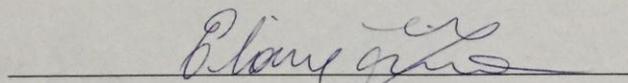
Orientador: Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Junior.

Aprovada em: 17 / 05 / 2017

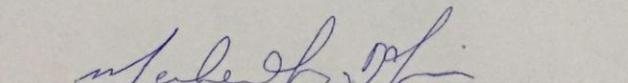
BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Junior
Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP



Prof. MSc. Elaine Maria da Silva
Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP



Prof. MSc. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP

Palmas- TO,
2017

RESUMO

NUNES, Ariane Martins. **ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso de projeto e compatibilização**. 2017. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

Nos últimos anos, a alvenaria estrutural vem conquistando espaço, sendo cada vez mais utilizada, principalmente em HIS (habitações de interesse social), devido às vantagens oferecidas por ela como a possibilidade de reduzir custos. Como se trata de um sistema de fácil execução acaba sendo mais rápido de executar. Para as construções de HIS é fundamental o uso de um sistema de alta produtividade e com custo adequado. Com isso, esse trabalho teve como intuito realizar um projeto de alvenaria estrutural utilizando o software QiAlvenaria. Porém, antes de iniciar o projeto será feita adequações à modulação, com intuito de corrigir as dimensões dos vãos para simplificar a distribuição dos blocos com intuito de evitar enchimentos. Também será realizado a compatibilização entre o projeto arquitetônico e os projetos complementares adequando-os para as necessidades do projeto de alvenaria estrutural. A compatibilização de projetos é muito relevante, pois tem como intuito evitar a necessidade de tomadas de decisões inesperadas, também é importante a modulação para garantir um projeto de alvenaria estrutural de qualidade, sendo possível assim alcançar o objetivo de se ter uma obra racional com redução de custos.

Palavras - chave: Alvenaria estrutural, adequação, compatibilização, modulação.

ABSTRACT

NUNES, Ariane Martins. **STRUCTURAL MASONRY: Project case study and compatibilization**. 2017. 82 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2017.

In recent years, structural masonry has been gaining ground, being increasingly used, especially in HIS (housing of social interest), due to the advantages offered by it as the possibility of reducing costs. As this is an easy run system it ends up being faster to execute. For the HIS constructions it is fundamental to use a system of high productivity and with adequate cost. With this, this work had the intention to carry out a structural masonry project using QiAlvenaria software. However, before starting the project, adjustments will be made to the modulation, in order to correct the dimensions of the spans to simplify the distribution of the blocks in order to avoid filling. Also will be made the compatibility between the architectural project and the complementary projects adapting them to the needs of the structural masonry project. The compatibility of projects is very relevant, since it is intended to avoid the need for unexpected decisions, it is also important to modulate to ensure a quality structural masonry project, so that it is possible to achieve the objective of having a rational work with reduction Costs.

Key words: Structural masonry, adequacy, compatibilization, modulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conjunto Habitacional Paraíso dos Ipês	17
Figura 2 – Edifício Monadnock em Chicago.....	18
Figura 3 – Primeiros Edifícios Residenciais no Brasil	19
Figura 4 – Parede de Alvenaria Estrutural.....	20
Figura 5 – Alvenaria Estruturalmente Armada.....	21
Figura 6 – Alvenaria Não Armada.	22
Figura 7 – Alvenaria Protendida.....	22
Figura 8 – Blocos de Comprimento 15,30 e 45.	23
Figura 9 – Blocos de Comprimento 20,40 e 35.	23
Figura 10 – Exemplo de Famílias de Blocos Cerâmicos.	24
Figura 11 – Famílias de Blocos de Concreto 14x29.....	25
Figura 12 – Famílias de Blocos de Concreto 14x39.....	25
Figura 13 – Exemplo de Amarração Direta.	28
Figura 14 – Exemplo de Amarração Indireta.....	28
Figura 15 – Transmissão da Pressão do Vento às Paredes Resistentes.....	31
Figura 16 – Disposição Recomendada das Lajes Armadas em uma só Direção.....	31
Figura 17 – Exemplo de Verga e Contraver.	32
Figura 18 – Shaft Hidráulico.....	35
Figura 19 – Instalações Embutidas nos Blocos.....	36
Figura 20 – Sobreposição de Projeto Arquitetônico e Sanitário.	40
Figura 21 – Integração de Projetos 3D Estrutural, Hidráulico e Elétrico.....	41
Figura 22 – Interferências Entre Projetos.....	42
Figura 23 – Parametrização de Informações.....	43
Figura 24 – Exemplo de Modelo 3D em uma Plataforma BIM.....	44
Figura 25 – Exemplo Integração entre Projetos Utilizando ArchiCad.....	45
Figura 26 – Exemplo Integração entre Projetos Utilizando Solibri Model Checker....	45
Figura 27 – Exemplo de Sobreposição de Projetos.	47
Figura 28 – Vista de uma Parede Utilizando Canaleta J.	50
Figura 29 – Exemplo de Planta Baixa Parede de Alvenaria Estrutural.....	51
Figura 30 – Representação 3D da Alvenaria.....	52
Figura 31 – Vista Frontal da Parede.....	53
Figura 32 – Projeto Arquitetônico.	54

Figura 33 –Preenchimento de Correção em cm.....	55
Figura 34 –1ª Fiada – Projeto Alvenaria.....	56
Figura 35 –Vista 3D.....	57
Figura 36 –Nova Modulação – 1ª Fiada de um dos Apartamentos.	58
Figura 37 –Visualização 3D com Novas Dimensões.....	59
Figura 38 –Elevação Parede 27.	59
Figura 39 –Exemplo de Pastilha ou Bolacha.....	60
Figura 40 –Comparação de Medidas entre as Paredes 7,8 e 19.	60
Figura 41 – Comparação de Medidas entre as Paredes 17,20 e 23.	61
Figura 42 – Comparação de Medidas entre a Parede 10.....	61
Figura 43 – Caixa Elétrica Fixada em Alvenaria sem Função Estrutural.....	62
Figura 44 – Passagem dos Eletrodutos pela Laje.	63
Figura 45 – Projeto Elétrico em Alvenaria Estrutural x Alvenaria Convencional.....	63
Figura 46 – Distância do Início da Parede até os Pontos Elétricos	64
Figura 47 – Exemplo Passagem dos Eletrodutos em Tomada Média e Alta.....	64
Figura 48 – Parede de Vedação 7.....	65
Figura 49 – Detalhe Hidráulico da Cozinha e Área de Serviço.....	66
Figura 50 – Boneca de Alvenaria.	66
Figura 51 – Carenagem Plástica.	67
Figura 52 – Shaft na Cozinha e Área de Serviço	67
Figura 53 – Kit Pré Montado.....	68
Figura 54 – Shaft Interno em Alvenaria Convencional.	68
Figura 55 –Interação do Shaft com a Laje.	69
Figura 56 – Tubulações de Esgoto e Hidráulica Sob a Laje.....	69
Figura 57 –Exemplo de Tubulações no Pavimento Térreo e Superior.....	70
Figura 58 – Exemplo de Tubulação Hidráulica em Alvenaria Convencional.	70
Figura 59 – Tubulações Externas a Parede	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição da População Brasileira entre 1940 a 2010	16
Tabela 2 – Incompatibilidades Levantadas	49
Tabela 3 – Alterações para Modulação.....	62
Tabela 4 – Incompatibilidades e Adequações.....	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Financiamentos e Repasses.....	17
Gráfico 2 – Permeabilidade em Paredes com Revestimento em uma Face Variando o Preenchimento da Junta Vertical de Argamassa.....	29
Gráfico 3 – Capacidade de Cada Fase Influenciar no Custo Final de um Empreendimento.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Objetivos	10
1.1.1. <i>Objetivo Geral</i>	10
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	10
1.2. Justificativa e Importância do Trabalho	11
1.3 Hipótese	12
1.4 Estrutura do Trabalho.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 Habitações de Interesse Social	16
2.1.1 <i>Conceito</i>	15
2.1.2 <i>Evolução Histórica da Política Habitacional</i>	15
2.1.3 <i>Programas Governamentais</i>	16
2.2 Alvenaria Estrutural e sua História	18
2.3 Conceitos do Sistema Construtivo	20
2.3.1 <i>Tipos de Alvenaria Estrutural</i>	21
2.3.1.1 <i>Alvenaria Armada</i>	21
2.3.1.2 <i>Alvenaria Não Armada</i>	21
2.3.1.3 <i>Alvenaria Protendida</i>	22
2.3.2 <i>Tipos de Blocos</i>	22
2.3.2.1 <i>Blocos Cerâmicos</i>	24
2.2.2.2 <i>Blocos de Concreto</i>	24
2.3.3 <i>Modulação</i>	26
2.3.4 <i>Amarração das Paredes</i>	27
2.3.5 <i>Juntas</i>	28
2.3.6 <i>Vantagens e Desvantagens</i>	30
2.4 Sistemas Estruturais.....	30
2.4.1 <i>Lajes</i>	30
2.4.2 <i>Vergas e Contravergas</i>	31
2.5 Considerações Sobre o Projeto.....	32
2.5.1 <i>Projeto Arquitetônico</i>	34
2.5.2 <i>Projetos Complementares</i>	34
2.5.2.1 <i>Projeto de Instalações Hidráulicas</i>	34

2.5.2.2 Projeto de Instalações Elétricas.....	36
2.5.3 Compatibilização de Projetos.....	37
2.5.3.1 Gerenciamento de Projetos.....	38
2.6. Ferramentas de compatibilização.....	39
2.6.1 Sistema CAD.....	39
2.6.2 Sistema 3D Convencional e Tecnologia BIM.....	41
2.6.3 Software Revit.....	44
2.6.4 ArchiCad.....	44
2.6.5 Solibri Model Checker.....	45
3. METODOLOGIA.....	46
3.1. Tipo de pesquisa.....	46
3.2. Objeto de Estudo.....	46
3.3. Compatibilização de Projeto.....	46
3.4. Adaptação do Projeto Arquitetônico.....	48
3.5. Dimensionamento do Projeto.....	49
3.6. Elaboração do Projeto de Alvenaria Estrutural.....	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
4.1. Desenvolvimento do Projeto de Alvenaria Estrutural.....	54
4.1.1 Software QiAlvenaria.....	54
4.1.2 Coordenação Modular.....	55
4.1.2.1 Alterações do Projeto Arquitetônico.....	60
4.2. Estudo das Instalações.....	62
4.2.1 Instalações Elétricas.....	62
4.2.1.1 Adequações entre os Projetos de Instalações Elétricas.....	63
4.3.2 Instalações Hidrossanitárias.....	65
4.3.2.1 Adequações entre os Projetos de Instalações Hidrossanitárias.....	65
5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	72
6. REFERÊNCIAS.....	73
ANEXOS.....	77

1 INTRODUÇÃO

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010) em 2010 a população urbana brasileira era de 190 milhões de habitantes no Brasil. Sendo que nas áreas urbanas a quantidade de moradores, são maiores do que a quantidade que vivem em áreas rurais. Isso ocorre pelo fato da rápida industrialização no século XX, dessa forma, junto com essa urbanização surgiram problemas como à falta de moradia, problemas estes que se estendem até os dias atuais.

Com intuito de reduzir esse déficit habitacional o Governo Federal criou programas habitacionais com o objetivo de construir habitações mais econômicas que pudessem ser adquiridas por pessoas com renda baixa.

O uso da alvenaria estrutural para a construção dessas habitações, é indicado por ser rápido, racional e economicamente viável. Na alvenaria estrutural, a necessidade de retrabalhos é menor, porque além de não ser permitido fazer recortes nos blocos, o que gera necessidade de retrabalho e acúmulo de entulhos, também é feita uma compatibilização entre projetos que proporciona a identificação de possíveis erros.

Para Fonseca (2002), esse processo construtivo é o mais antigo, e oferece vantagens econômicas, além de proporcionar uma obra limpa com elevada velocidade de construção. As demais vantagens serão discutidas no decorrer do trabalho.

Este trabalho tem como intuito apresentar um estudo realizado entre os projetos arquitetônico e complementares, onde será feito as adaptações necessárias para a elaboração de um projeto de alvenaria estrutural, utilizado na construção de um conjunto habitacional. Para o desenvolvimento desse projeto será realizada a compatibilização entre os projetos, com objetivo de encontrar as incompatibilidades. As interferências encontradas serão relacionadas em uma tabela, e apresentadas junto com as soluções adotadas.

A compatibilização entre os projetos permite que sejam identificadas possíveis interferências que possam prejudicar o andamento da obra e até mesmo sua qualidade final. Portanto, ela tem como intuito evitar a necessidade de retrabalhos e tomadas de decisões durante a fase de execução, decisões essas que possam ser precipitadas, devido à falta de um estudo prévio para definir qual a decisão mais adequada para o problema.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar o estudo dos projetos arquitetônico e complementares, adequando os as necessidades impostas pelo sistema construtivo de alvenaria estrutural, para a construção de um conjunto habitacional de interesse social.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar o edificação proposta e adequar o projeto arquitetônico para as necessidades da alvenaria estrutural;
- Analisar e compatibilizar os projetos complementares para o novo sistema construtivo;
- Apresentar tabelas com procedimentos de adequações e compatibilizações, e o projeto compatibilizado;
- Elaborar projeto de alvenaria estrutural.

1.2 Justificativa e importância do trabalho

Segundo a fundação João Pinheiro (2015), o déficit habitacional no Brasil no ano de 2013, corresponde a 5.846.040 milhões de domicílios, sendo que desse déficit, 61.088 é no Tocantins. O déficit habitacional no Brasil está crescendo, por isso as construções de habitações de interesse social vem aumentando, para atender as necessidades de moradias para pessoas carentes.

O Governo Federal, por meio de programas habitacionais proporciona facilidades para o financiamento de habitações, visando combater o problema de habitação no Brasil. Portanto, o aumento na produção de unidades de múltiplos pavimentos de interesse social é relativamente alto, e a escolha da utilização de um sistema construtivo adequado é de grande importância, para que possibilite aumento na capacidade de produção.

O tema foi proposto com intuito de atender as necessidades habitacionais, utilizando alvenaria estrutural por se tratar de uma solução tecnológica rápida e econômica.

O uso da alvenaria estrutural é bastante indicado quando se tem obras com repetições de layout, como é o caso desse conjunto habitacional. O fato de se utilizar pavimento tipo proporciona ganho de tempo.

Devido às vantagens oferecidas por esse sistema, ele tem sido cada vez mais utilizado. A compatibilização entre os projetos permite que o sistema seja utilizado de forma racional, evitando desperdícios de materiais e retrabalhos, fato esse que desperta interesse aos construtores.

É crescente a utilização de alvenaria estrutural no mercado, por essa razão, esse tipo de projeto é uma área de interesse de trabalho, além do mais, os estudos realizados para a elaboração desse projeto irão proporcionar conhecimentos não somente em relação à elaboração do projeto, mas também conhecimentos em relação à compatibilização e as soluções adequadas para cada problema.

1.3 Hipótese

H1: Após realizar as adequações impostas pelo projeto arquitetônico, como a correção das medidas, o projeto de alvenaria estrutural pode ser elaborado de maneira a obter o maior aproveitamento das vantagens oferecidas por esse sistema construtivo.

H2: A compatibilização entre os projetos é uma maneira de adequar as necessidades impostas pelo sistema construtivo de alvenaria estrutural, de maneira que seja possível usá-lo na construção de habitações de interesse social.

H3: As interferências dos projetos prejudicam o andamento da obra e a sua qualidade final, por isso é necessário fazer as adequações observadas durante a compatibilização dos projetos.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho consiste em seis capítulos, relacionados abaixo:

No capítulo 1 é destacado a missão de reduzir o déficit habitacional no Brasil, produzindo edifícios mais econômicos, e para isso é de grande importância que se adote um sistema construtivo adequado, para que possibilitem a execução de moradias de baixo custo. A partir daí, em busca de um sistema construtivo racional e econômico, foi adotado o uso de alvenaria estrutural como uma boa alternativa para se obter um projeto econômico, sem comprometimento da qualidade e desempenho da edificação. Além de apresentar as justificativas e os objetivos que deseja ser atingido.

O capítulo 2 aborda o uso de programas governamentais como uma tentativa de diminuir esse déficit habitacional, além de apresentar um breve histórico da alvenaria estrutural e apresenta-la abordando os tipos de alvenaria, tipos de blocos, a importância da modulação, os tipos de amarração e a importância dos projetos e da compatibilização entre eles.

Camacho (2006) define alvenaria estrutural como sendo um processo construtivo onde os componentes que desempenham a função estrutural são de alvenaria.

Ramalho e Corrêa (2003) e Camacho (2006) destacam as vantagens econômicas, pois sua utilização é capaz de reduzir os custos em até 30%, devido a menor quantidade de formas e mão de obra e além de possibilitar maior rapidez de execução.

Neste capítulo também é abordado sobre a importância dos projetos e de suas compatibilizações, pois segundo Rauber (2005) as decisões tomadas nesta fase tem grande capacidade de influenciar no custo final.

O capítulo 3 descreve como será realizado o processo de compatibilização, utilizando a sobreposição das plantas, como será realizado as adequações impostas pelo projeto e por ultimo como será elaborado o projeto de alvenaria estrutural.

Já no capítulo 4 será descrito quais as ferramentas de compatibilização disponíveis no mercado, além de descrever como foi feito o projeto de alvenaria estrutural utilizando o software QiAlvenaria, quais foram as adequações realizadas, para a correção da modulação e para as instalações elétricas e hidrossanitárias.

No capítulo 5 é descrito as conclusões, ou seja, descrito quais os objetivos alcançados e como foram alcançados.

As referências bibliográficas estão no capítulo 6, onde é descrito os livros, monografias, dissertações e teses de autores graduados, mestres e doutores, referente aos assuntos estudado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Habitações de interesse social

2.1.1 Conceito

Para Abiko (1995), habitação social ou habitação de interesse social é um termo usado pelo extinto BNH, sendo que além deste, existe a habitação de baixo custo, utilizado para designar habitação barata sem que isso signifique que seja uma habitação para baixa renda, e também temos a habitação popular, sendo essas moradias voltadas para população de baixa renda.

Segundo Souza (2009), a habitação tem como principal função o abrigo do homem, dessa forma esse produto precisa ser durável para cumprir adequadamente esta finalidade. O custo para aquisição de uma habitação costuma ser elevado, e esse fato gera desigualdade, por isso as classes sociais menos favorecidas constituem uma demanda maior e imediata por habitação no Brasil. (SOUZA, 2009).

Ainda segundo Souza (2009), a redução do déficit populacional tem sido enfrentada no país através da construção de habitações populares, possibilitando o surgimento de vários processos construtivos alternativos.

Abiko (1995) defende que, além de um espaço confortável e seguro, a habitação deve ser considerada de forma mais abrangente, contemplando itens essenciais como serviços públicos básicos de infraestrutura urbana.

2.1.2 Evolução histórica da política habitacional

De acordo com Botega (2008), no ano de 1930, as estruturas das cidades começaram a se modificarem devido ao período Getulista, que deu início a uma grande industrialização, sendo que a partir daí começou o surto de crescimento urbano no Brasil.

No Brasil, a habitação de interesse social surgiu como consequência da demanda de um grande número de habitações, isso devido às migrações acentuadas do meio rural para as cidades a partir de 1950, em função da industrialização acelerada e do crescimento populacional. (REIS, 1992 *apud* REIS; LAY, 2010).

O crescimento acentuado se manteve nas décadas seguintes, fazendo com que o total da população brasileira partisse de 45%, ou seja, 52 milhões em 1960, para um total de 67%, 119 milhões do total da população em 1980. (REIS; LAY, 2010).

Tabela 1 – Distribuição da população brasileira entre 1940 a 2010

Anos	População Urbana	População Rural
1940	31,2%	68,8%
1950	36,2%	63,8%
1960	45,4%	54,6%
1970	55,9%	44,1%
1980	67,7%	32,4%
1991	74,8%	24,5%
2000	81,2%	18,8%
2010	84,4%	15,6%

Fonte: IBGE, Censos Demográficos: 1940 a 2010

Conforme os dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010 *apud* BOTEGA, 2008), fornecidos na tabela 1, a população em 1940 era de 31,2%, passando para 84,4% em 2010. Segundo Botega (2008), com intuito de suprir a demanda de habitações, entre 1940 e 1960, a Caixa Econômica e os Institutos de Aposentadorias e Pensões (IAPS) ofertavam crédito imobiliário para a aquisição da casa própria.

A primeira política nacional de habitação foi a Fundação da Casa Popular, criada em 1946, porém, revelou-se ineficaz. (BOTEGA, 2008). Em 21 de agosto de 1964, foi criado o Sistema Financeiro de Habitação em união com o Banco Nacional de Habitação (BNH), que tinha como intuito estimular a construção de habitações de interesse social e o financiamento para aquisição da casa própria, pelas classes de menor renda. (BOTEGA, 2008). Ainda segundo o autor, foi com o surgimento do Banco Nacional da Habitação, que o governo interviu no problema do déficit habitacional.

Conforme o relatório anual do BNH (1971 *apud* BOTEGA, 2008) estima-se que o BNH até sua extinção foi responsável por 24% das unidades habitacionais construídas no país. Conforme Botega (2008) o projeto social criado em torno do BNH não obteve sucesso, assim em novembro de 1986, Sarney decide fechar a instituição.

Segundo Santos Jr. (2007), com a criação do Ministério das Cidades, em 2003, deu início a um processo de construção da política nacional de desenvolvimento urbano.

2.1.3 Programas Governamentais

O FNHIS, Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social foi criado em junho de 2005, e tem como objetivo implementar políticas e programas que promovam o acesso à moradia. (SANTOS JR, 2007). Existe também o PAR,

Programa de Arrendamento Residencial, com o mesmo intuito de proporcionar moradia à população com menor renda.

Em 2007, o governo Lula criou o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), que em 2009 teve a sua segunda versão, esses programas cooperaram para o progresso do setor da construção de habitações populares. (SANTOS JR, 2007).

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) foi lançado em março de 2009, com finalidade de criar mecanismos de incentivo à produção e à aquisição de novas unidades habitacionais.

O gráfico 1 mostra o aumento de financiamentos e repasses em relação à quantidade de unidades habitacionais. Com ele pode-se observar que em 2009, quando foi criado o PMCMV (Programa Minha Casa Minha Vida), teve um aumento nos financiamentos e repasses destinados para obtenção da casa própria.



A figura 1 mostra o Conjunto Habitacional Paraíso dos Ipês, construído com alvenaria estrutural utilizando blocos de concreto, na cidade de Paraíso do Tocantins por meio do Programa Minha Casa Minha Vida.

Figura 1 – Conjunto Habitacional Paraíso dos Ipês



Fonte: Autora, 2016.

2.2 Alvenaria estrutural e sua história

Segundo Santos (1998), a muito tempo esse sistema construtivo é utilizado, sendo desenvolvido através do empilhamento de blocos irregulares de pedra e é um dos mais antigos sistemas de construção.

Campos (1993 *apud* SANTOS, 1998), afirma que o uso racional dessa técnica foi impedido pela pouca trabalhabilidade dos blocos de pedras utilizados, e também pela falta de conhecimento sobre o comportamento das alvenarias, somente a partir de 4.000 a.C, que a argila passou a ser utilizada na produção de tijolos.

As primeiras alvenarias apresentavam grandes espessuras e eram erguidas intuitivamente, com base nas experiências adquiridas ao longo do tempo. (CAVALHEIRO, 1998). Segundo Cavalheiro (1998), os cálculos não ofereciam garantia de segurança a estrutura, devido à falta de estudos na área.

Um exemplo dessas grandes espessuras é o Edifício Monadnock, que pode ser conferido na figura 2, construído em 1889, em Chicago. Monadnock foi um símbolo clássico, marcando a “moderna” alvenaria estrutural. Ele possui 16 pavimentos e foi considerado uma obra ousada, porém, devido aos métodos de dimensionamento “precários” as paredes possuíam 1,80m de espessura. Acredita-se que se fossem dimensionadas hoje, a sua espessura poderia ser inferior a 30cm.

Figura 2 – Edifício Monadnock em Chicago



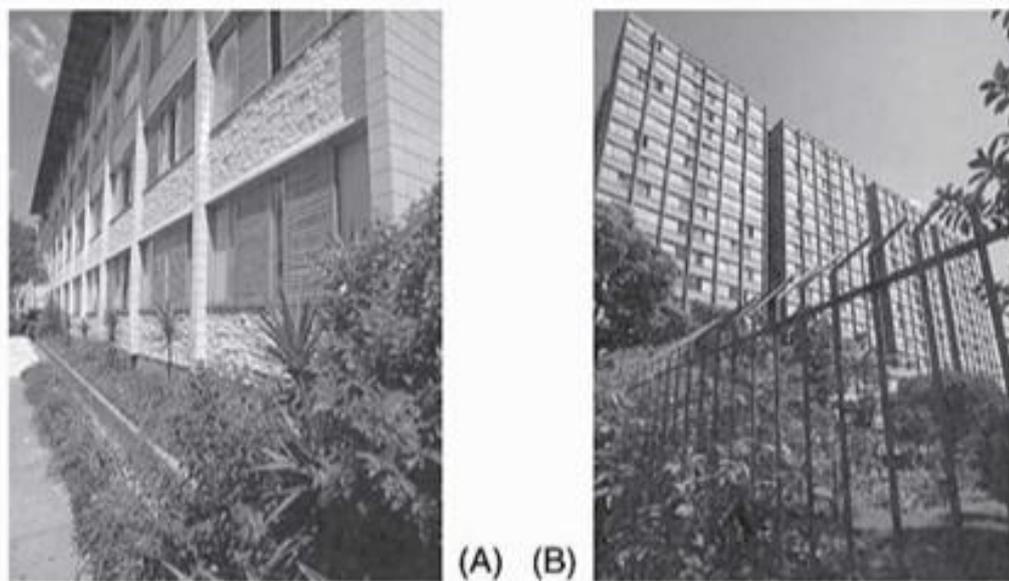
Fonte: Valegandara, 2010.

Santos (1998) diz que, a alvenaria estrutural no Brasil teve início no período colonial, com o uso da pedra e tijolo de barro cru. De acordo com Cavalheiro (1998) a partir de 1850, o uso de tijolo de barro cozido proporcionou construções com vãos maiores e mais resistentes a ação das águas. Em 1950, as normas que permitiam o

cálculo da espessura necessária para as paredes começaram a surgir, na Europa e América do Norte. (CAVALHEIRO,1998).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003) em São Paulo no ano de 1966 foi construído um dos primeiros edifícios em alvenaria estrutural do Brasil, tendo apenas quatro pavimentos, conforme apresenta a figura (3.A). Já em 1972 foram construídos edifícios mais elevados, como o “Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa”, onde foi construído quatro blocos com doze pavimentos de blocos de concreto, conforme a figura (3.B).(RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Figura 3 – Primeiros edifícios residenciais no Brasil



Fonte: Ramalho; Corrêa, 2003.

Depois da década de 60 os processos em alvenaria estrutural, empregando também blocos sílico-calcários e blocos cerâmicos, começaram a ser utilizados em larga escala, principalmente em São Paulo, baseados em normas americanas, inglesas e entre outras. (SANTOS, 1998).

“Os anos 60 e 70 foram marcados por intensas pesquisas experimentais, e o aperfeiçoamento de modelos matemáticos de cálculo, com objetivo de obter projetos mais resistentes.” (CAVALHEIRO,1998).

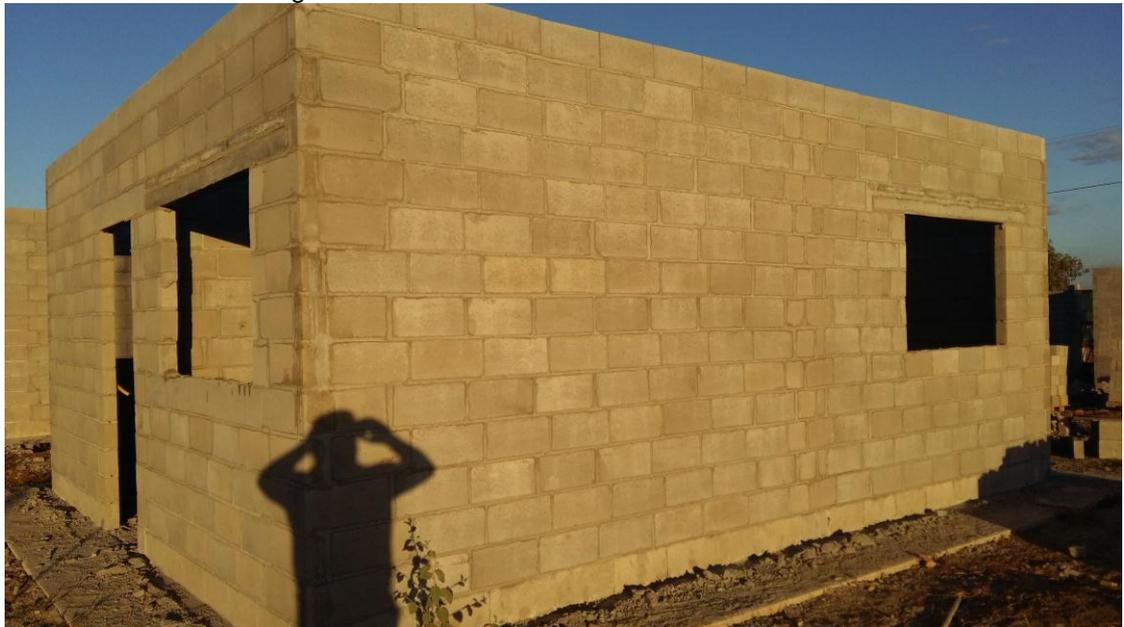
Para Cavalheiro (1998), as vantagens econômicas oferecidas em relação ao sistema convencional incentivaram as construtoras a buscarem aperfeiçoamento. Nesse período iniciou pesquisas na área com intuito de solucionar as patologias observadas, além de buscar racionalização e maior qualidade ao sistema construtivo. (CAVALHEIRO, 1998).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), após anos de adaptação esse processo construtivo acabou se fixando como uma opção eficiente e econômica para a construção de edifícios residenciais e industriais, se consolidando então na década de 80, com sua normalização oficial.

2.3 Conceitos do sistema construtivo

Para Santos (1998), a alvenaria é um componente complexo utilizado na construção, constituído por tijolos ou blocos unidos entre si por juntas de argamassa, que formam um conjunto rígido e coeso.

Figura 4 – Parede em alvenaria estrutural



Fonte: Autora, 2016.

Tauil e Nese (2010) afirmam que:

Esse conjunto coeso serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes.

A alvenaria estrutural para Tauil e Nese (2010) é um tipo de estrutura em que as paredes são elementos portantes compostos por unidade de alvenaria, unidos por juntas de argamassa, capazes de resistirem a outras cargas além do seu próprio peso. É aquela alvenaria que resiste aos esforços solicitantes graças à interação e as propriedades de seus componentes. (SANTOS, 1998).

As paredes na alvenaria estrutural são utilizadas como principal estrutura de suporte do edifício. (TAUIL; NESE, 2010). Bortoluzzo (2000) afirma que, os blocos são responsáveis pela estabilidade, resistência a esforços mecânicos e durabilidade a agentes agressivos. De acordo com o autor não existe um local específico em que

ela deve ser utilizada, porém, deve ser empregada quando os esforços são mais de compressão.

2.3.1 Tipos de alvenaria estrutural

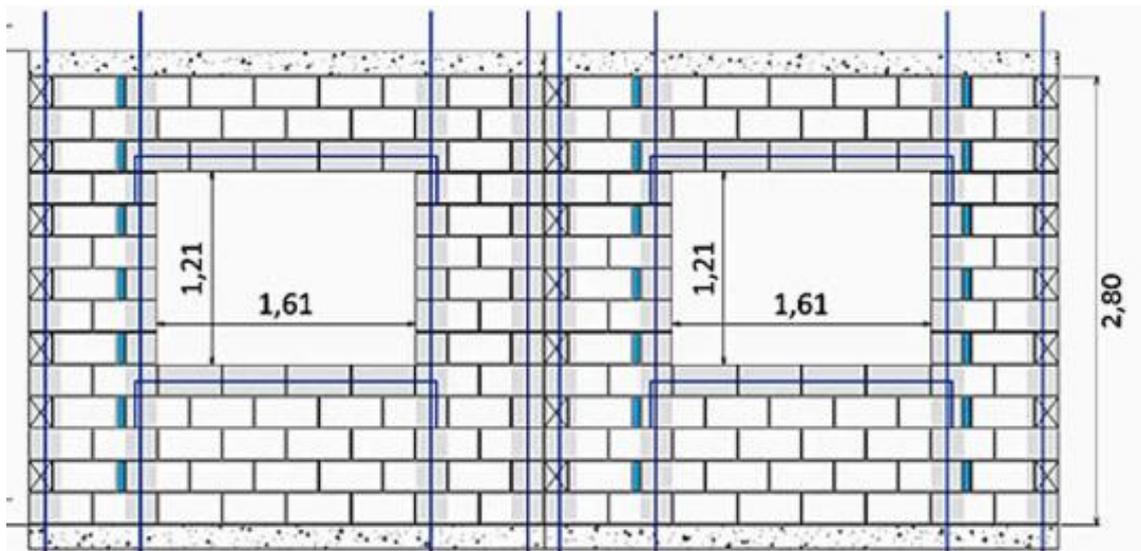
As alvenarias em função das armaduras podem ser classificadas como armadas, não armadas e protendidas.

2.3.1.1 Alvenaria armada

Aquela que possui reforço de armaduras colocadas em alguns vazios dos blocos ou entre tijolos, e posteriormente é preenchida por graute, para absorver os esforços calculados. (CAVALHEIRO, 1998).

Segundo Leggerini e Kalil (2007) pode ser adotada em edificações com mais de vinte pavimentos, sendo normalmente executados com blocos vazados de concreto ou cerâmicos.

Figura 5 - Alvenaria estruturalmente armada



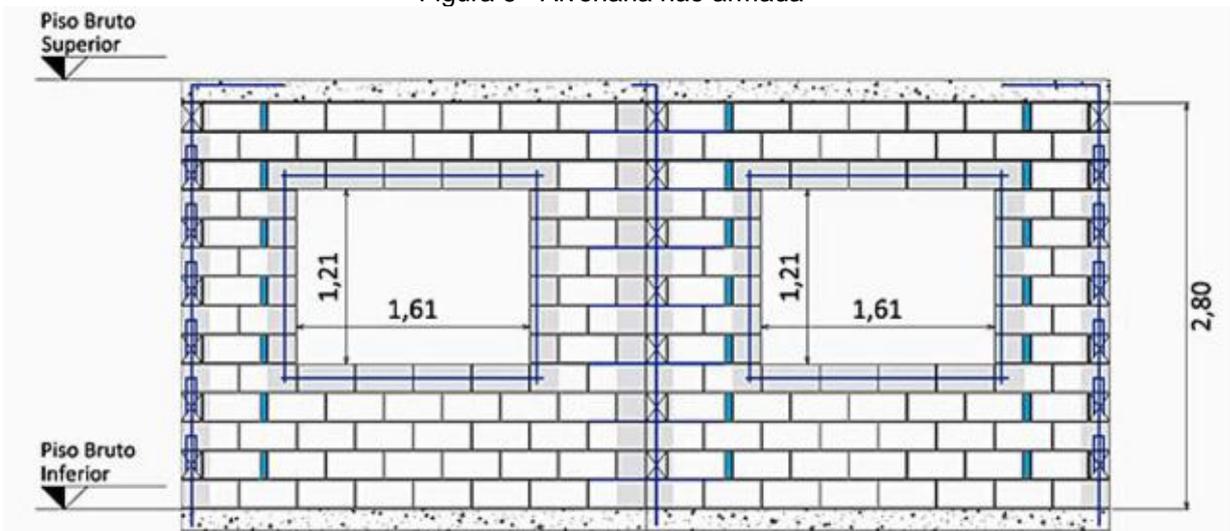
Fonte: TAUIL; NESE, 2010.

2.3.1.2 Alvenaria não armada

Neste caso a armadura é utilizada apenas com finalidade de amarração ou construtiva, não sendo consideradas na absorção dos esforços, são importantes para diminuir as fissurações em pontos de concentração de tensões. (CAVALHEIRO, 1998).

É um sistema utilizado em edificações de menores, com até oito pavimentos, que possui como intuito evitar patologias como as trincas e fissuras provenientes da acomodação da estrutura. (LEGGERINI; KALIL, 2007).

Figura 6 - Alvenaria não armada



Fonte: TAUIL; NESE, 2010.

2.3.1.3 Alvenaria protendida

Segundo Tauil e Nese (2010) é uma alvenaria reforçada por armadura ativa de aço, que submete a alvenaria a esforços de compressão, sendo pouco utilizada, pois os materiais e mão de obra utilizada para a protensão tem custo elevado.

Figura 7 - Alvenaria protendida



Fonte: TAUIL; NESE, 2010.

2.3.2 Tipos de blocos

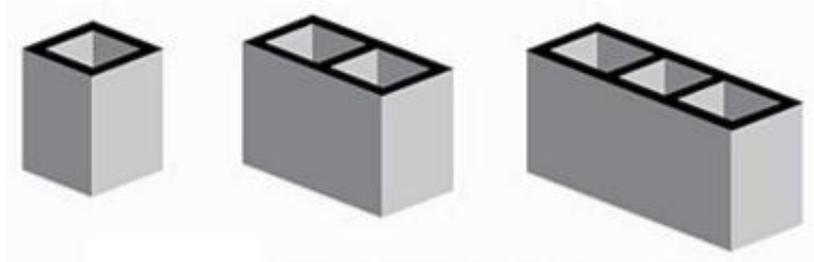
O projetista estrutural, antes de iniciar os cálculos necessita tomar decisões, ou seja, precisa de um ponto de partida para que busque sempre as melhores alternativas para o projeto. (ACCETTI, 1998). Para Accetti (1998), a primeira etapa é

definir qual o tipo de bloco que será utilizado, levando em consideração os materiais e produtos existentes no mercado onde será construído o edifício.

As unidades podem ser maciças ou vazadas, sendo denominados tijolos ou blocos respectivamente, sendo que as maciças possuem um índice de vazios de no máximo 25% da área total, se esses limites forem ultrapassados a unidade é classificada como vazada. (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Quanto à aplicação, as unidades podem ser classificadas como de vedação e estruturais.

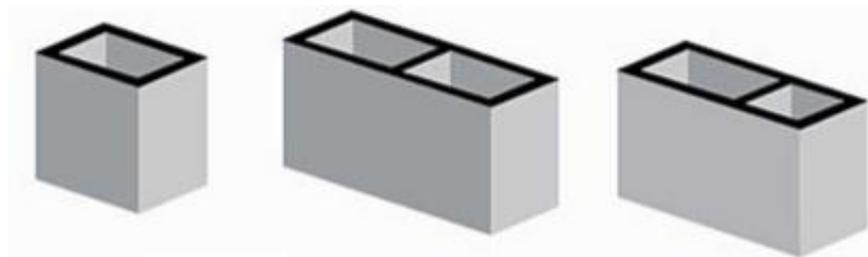
Segundo Ramalho e Corrêa (2003), no Brasil são mais facilmente encontrados blocos de modulação longitudinal de 15 cm e 20 cm, ou seja, comprimentos múltiplos de 15 e 20 cm, conforme as figura 8 e figura 9.

Figura 8 – Blocos de comprimentos 15, 30 e 45 cm.



Fonte: Ramalho; Corrêa, (2003).

Figura 9 – Blocos de comprimentos 20, 40 e 35 cm.



Fonte: Ramalho; Corrêa, (2003).

Os tipos de blocos são os componentes mais importantes, pois são eles que comandam a resistência à compressão e determinam os procedimentos para a aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos. (CAMACHO, 2006).

É recomendada a utilização de blocos que atendam os requisitos da ABNT NBR 6136 (2007) para a construção de edifícios em alvenaria estrutural, devendo-se evitar os blocos fabricados informalmente sem que atendam os requisitos adequados. (ACCETTI, 1998). Ainda segundo Accetti (1998), os blocos devem possuir aspecto homogêneo e compacto, com arestas vivas, sem trincas e aspereza adequada para a aderência de revestimento.

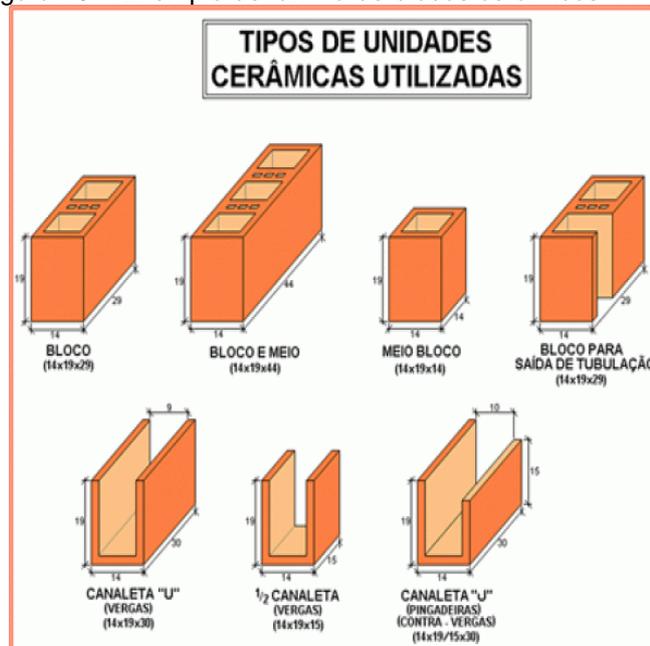
2.3.2.1 Blocos cerâmicos

São blocos vazados com arestas vivas, obtidos pela queima da cerâmica vermelha, além do mais são mais leves que os blocos de concreto, o que facilita seu manuseio. (LEGGERINI; KALIL, 2007). Conforme as autoras podem ser utilizadas em alvenaria aparente e receber aplicação de tinta ou gesso sem a aplicação de emboço.

A ABNT NBR 7171 (1992) denomina bloco cerâmico como “componente de alvenaria que possui furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares à face que os contem”. Ainda segundo a norma, os blocos portantes cerâmicos devem ter resistência mínima de 4 MPa.

Na figura 10, pode ser observado um exemplo de família de blocos:

Figura 10 – Exemplo de família de blocos cerâmicos



Fonte: Mundo das tribos, 2012.

2.3.2.2 Blocos de concreto

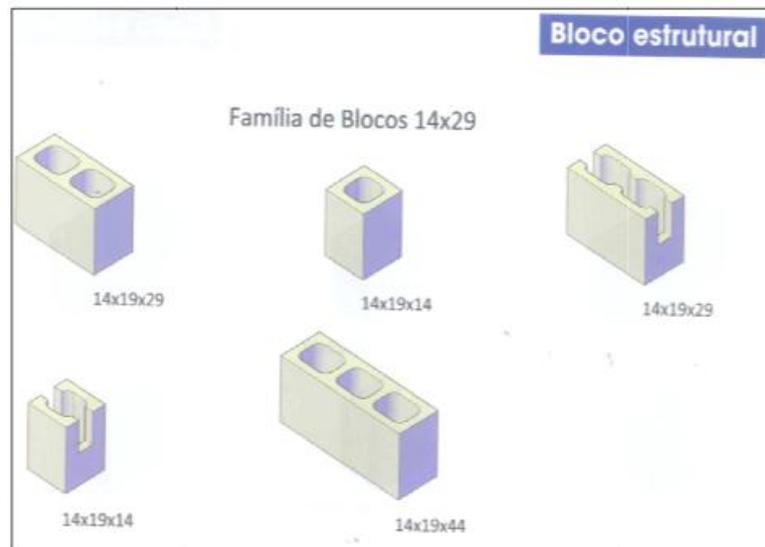
Conforme a ABNT NBR 7173 (1982) são blocos obtidos por prensagem e vibração de concretos, dentro de formas de aço que devem ser curados em ambiente com alta umidade por pelo menos sete dias, sendo que podem ser empregados em alvenarias internas ou externas.

A ABNT NBR 6136 (2007) define os blocos vazados de concreto como, “elementos prismáticos, com dois ou três furos verticais dispostos ao longo da altura, em uma seção de assentamento, com área útil igual ou inferior 75% da área total da seção normal”. Se essa condição não for satisfeita o bloco é considerado maciço.

A cura dos blocos é um fator determinante para a sua resistência à compressão, pois segundo Nascimento (2004), a resistência à compressão está diretamente ligada a resistência do bloco. Ainda segundo Nascimento (2004), “quanto menor a capacidade de resistência à compressão do bloco, o surgimento de patologias nas alvenarias é mais frequente”. A ABNT NBR 6136 (2007) define que os blocos de concreto devem ser comercializados com resistência variando de 4,5 MPa até 16 MPa.

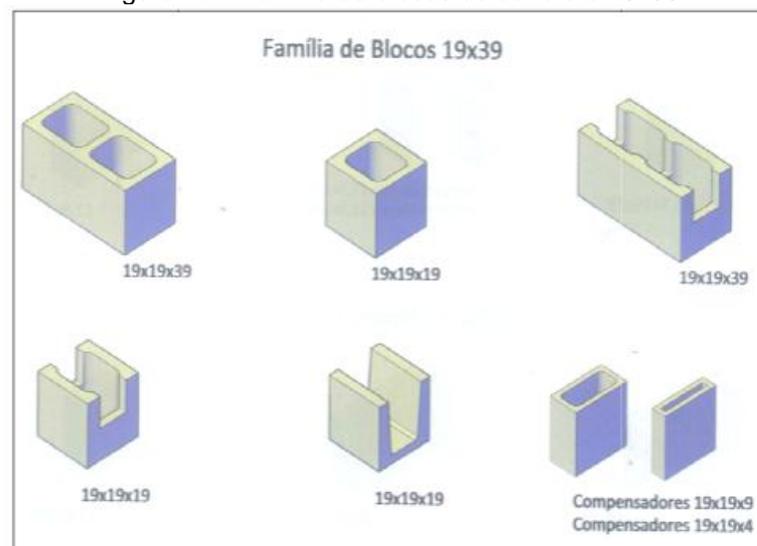
Os blocos de concreto também se apresentam sob formas diferentes para cada função, como pode ser visto na figura 11 e figura 12.

Figura 11 – Exemplo de família de blocos de concreto 14x29



Fonte: TAUIL; NESE, (2010).

Figura 12 – Família de blocos de concreto 19x39



Fonte: TAUIL; NESE (2010).

2.3.3 Modulação

Para Ramalho e Corrêa (2003), a modulação é um procedimento fundamental para que uma edificação em alvenaria estrutural seja econômica e racional, pois caso as dimensões não forem moduladas e não é permitido recortar os blocos, os enchimentos resultantes levarão a um maior custo e menor racionalização.

Além do mais, esses enchimentos podem fazer com que a distribuição das ações entre as paredes proporcionem maior esforços em alguns elementos estruturais, comprometendo a economia do conjunto. (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Segundo Tauil e Nese (2010), a coordenação modular organiza todas as peças ou componentes que fazem parte de um edifício, com intuito de atender a uma medida de base padronizada.

Um dos requisitos para que uma edificação seja realizada de modo econômico e racional é a utilização da modulação. (HELENA Jr., 2012). Para Camacho (2006), a coordenação modular consiste no ajuste das dimensões horizontais e verticais, cujo objetivo é evitar cortes e desperdícios na fase de execução.

É importante que o comprimento e a largura sejam iguais ou múltiplos, para que possam ter um único módulo em planta, simplificando assim a amarração das paredes, e obtendo ganho significativo na racionalização do sistema construtivo. (CAMARGO; CORRÊA, 2003). Segundo os autores, quando essas condições não são atendidas, é necessário utilizar unidades especiais para a correta amarração das paredes, podendo gerar consequências desagradáveis para o arranjo estrutural.

Conforme Helena Jr. (2012), a modulação é o acerto das dimensões em planta, com intuito de reduzir cortes e ajustes durante a execução das paredes, proporcionando assim economia e racionalização da edificação. Para o autor, os blocos não devem ser cortados, por isso é necessário que todas suas dimensões sejam moduladas.

Esse processo construtivo não pode ser visto somente como um conjunto de paredes superpostas, que resistem o seu peso próprio e outras cargas adicionais, ele é um processo racionalizado, projetado, calculado e construído em conformidade com as normas pertinentes, visando funcionalidade, segurança e economia. (LEGGERINI; KALIL, 2007).

Segundo Accetti (1998), a interação do projetista estrutural com o arquiteto durante a elaboração do projeto arquitetônico é importante, pois a escolha da modulação define as dimensões possíveis a serem utilizadas no projeto.

A escolha da modulação horizontal é influenciada pelo projeto arquitetônico, pois dependendo do módulo escolhido todas as medidas terão que ser múltiplas desse módulo específico. (HELENA JR., 2012).

Para Ramalho e Corrêa (2003), a arquitetura é um ponto importante na definição do módulo a ser adotado, entretanto o principal parâmetro para a definição da distancia horizontal modular é a largura do bloco a ser adotado.

Quanto à modulação vertical, a situação é bem mais simples, pois basta ajustar a distância do piso ao teto para que seja um múltiplo do módulo vertical a ser adotado, que geralmente são 20 cm. (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

2.3.4 Amarração das paredes

Segundo Accetti (1998), é recomendado, amarrar duas ou mais paredes que se encontrem, permitindo assim a uniformização das cargas, transmitindo ações de uma parede para outra.

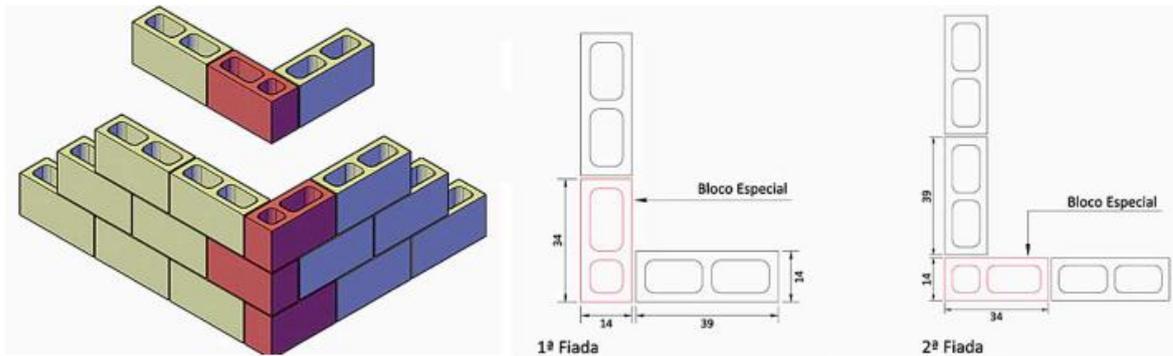
A uniformização das cargas gera economia, pois a resistência dos blocos de um pavimento é dada pela tensão atuante na parede mais solicitada. (HELENA JR, 2012).

Para Accetti (1998), a amarração das paredes contribui na prevenção do colapso progressivo, pois permite que a estrutura de caminhos alternativos para transferência de forças no caso de uma ruína.

Segundo Racanicchi (2001 *apud* HELENA JR., 2012), as paredes deverão ser unidas, por interpenetração dos componentes em fiadas alternadas, amarrando as paredes com os próprios componentes, permitindo assim a redistribuição das tensões atuantes sobre as paredes.

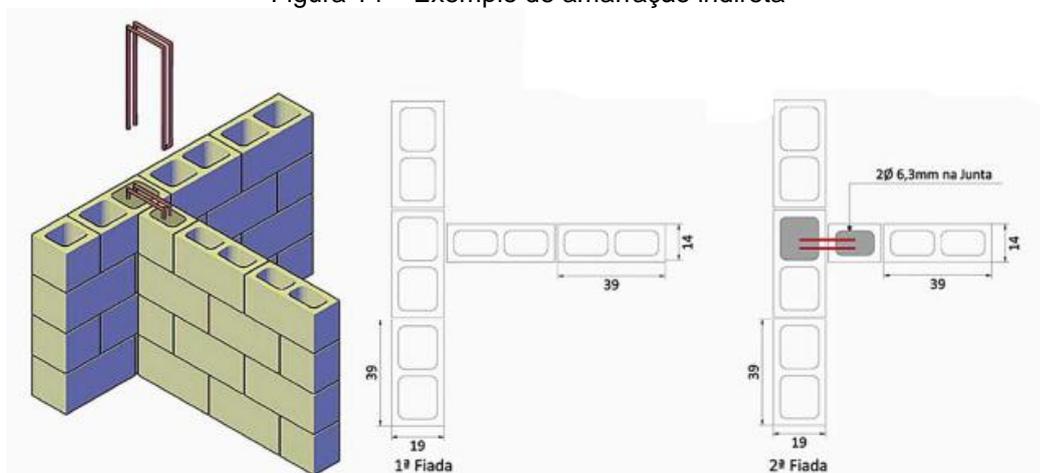
A amarração pode ser direta, com a sobreposição dos blocos de uma parede na outra, a cada duas fiadas, ou indireta, sem sobreposição. (HELENA JR., 2012). Na figura 13 temos a amarração direta, já na figura 14 temos um exemplo de amarração indireta.

Figura 13 – Exemplo de amarração direta



Fonte: TAUIL; NESE (2010).

Figura 14 – Exemplo de amarração indireta



Fonte: TAUIL; NESE (2010).

2.3.5 Juntas

Para Parsekian (2012), “As juntas de dilatação têm como função principal absorver os movimentos que possam surgir na estrutura, provenientes principalmente da variação de temperatura e retração”. Já as juntas verticais de controle têm como finalidade prevenir o aparecimento de fissuras provocadas por variação de temperatura, variação brusca de carregamento e variação da altura ou espessura da parede. (PARSEKIAN, 2012).

A ABNT NBR 15961-1 (2011) recomenda que sejam previstas juntas de dilatação no máximo a cada 24m da edificação em planta, podendo ser alterado desde que seja feito uma avaliação dos efeitos da variação de temperatura e retração sobre a estrutura. (PARSEKIAN, 2012).

O não preenchimento das juntas verticais de argamassa resulta em vantagens como a redução do tempo de execução da obra e do consumo de materiais, mas, o não preenchimento só é adequado para juntas de 0,5cm de

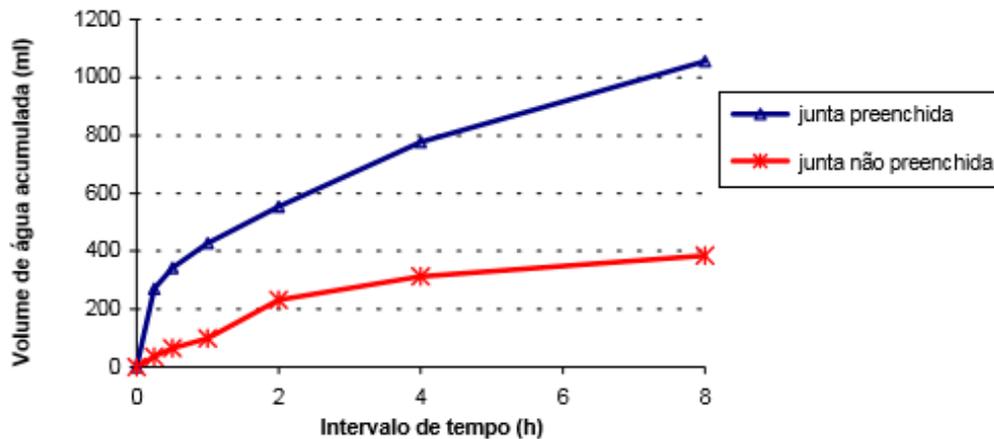
espessura, o não preenchimento das juntas de 1,0 cm, que são as mais usuais, pode gerar falhas durante o revestimento das paredes. (ACCETTI, 1998).

Accetti (1998) também cita as desvantagens do não preenchimento das juntas verticais, dizendo que com isso existe a possibilidade de agravamento de fissuras na parede sob a laje de cobertura, devido à redução da resistência ao cisalhamento da parede.

Segundo Cavalheiro (2000, *apud* FONSECA, 2002), a prática de não preencher juntas verticais influencia tanto na alvenaria de vedação em relação ao desempenho acústico e estanqueidade à água, quanto na alvenaria estrutural com a diminuição do módulo de deformação da alvenaria.

O gráfico a seguir mostra a permeabilidade das paredes, em relação à presença do preenchimento das juntas, nele se pode observar que se tem aumento no volume de água acumulado na parede, quando as juntas são preenchidas. (CAVALHEIRO, 2000, *apud* FONSECA, 2002).

Gráfico 2 – Permeabilidade em paredes com revestimento em uma face variando o preenchimento da junta vertical de argamassa



Fonte: Cavalheiro (2000 *apud* Fonseca, 2002).

As forças laterais atuantes no plano da parede ou perpendicularmente a este, podem originar importantes tensões de cisalhamento e de tração na flexão, resultando em danos, como surgimento de fissuras, flambagem e colapso da estrutura. (FONSECA, 2002).

Portanto é recomendado preencher, sempre que for necessário as juntas verticais e os septos transversais das juntas horizontais, pois de acordo com ensaios, a resistência ao cisalhamento é menor cerca de 20% quando não se tem argamassa nas juntas verticais. (ACCETTI, 1998).

2.3.6 Vantagens e Desvantagens

Segundo Camacho (2006), Ramalho e Corrêa (2003), o emprego da alvenaria estrutural pode trazer as seguintes vantagens:

- Redução de custos, podendo chegar de até 30%;
- Economia em fôrmas;
- Redução da diversidade de mão de obra especializada;
- Oferece facilidade para o treinamento da mão de obra;
- Maior rapidez de execução, decorrente da simplificação das técnicas construtivas;
- Menor número de equipes de trabalho;
- Ótima resistência ao fogo.

Os autores abordam também, as seguintes desvantagens:

- Limitação do projeto arquitetônico, não permitindo a construção de obras arrojadas;
- Dificuldade em adaptar a arquitetura para um novo uso;
- As paredes portantes não podem ser removidas sem substituição por outro elemento de função equivalente;
- Interferência entre os projetos de arquitetura, instalações e estruturas;
- Vão livres são limitados.

2.4 Sistemas estruturais

2.4.1 Lajes

As lajes são muito importantes no sistema construtivo de alvenaria estrutural, pois os esforços horizontais, como por exemplo, a pressão do vento, serão absorvidos pelas lajes e transferidos por elas às paredes de contraventamento. (RAUBER, 2005).

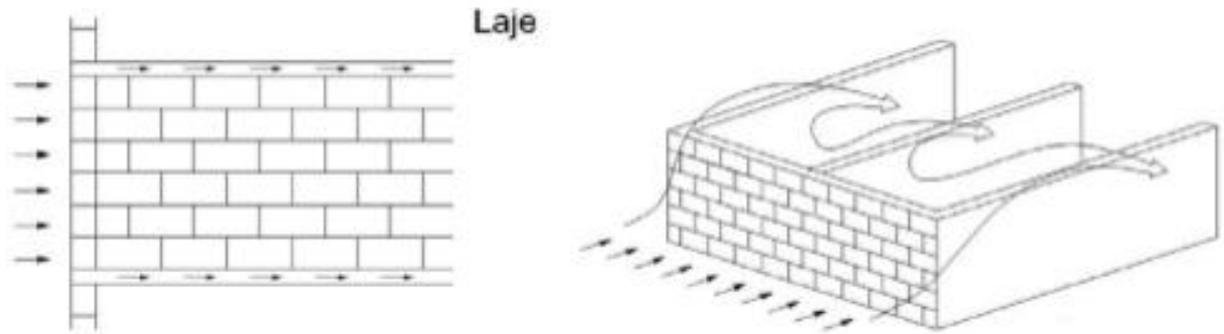
Em edifícios onde a ação do vento é significativa, é conveniente utilizar lajes maciças, sendo necessário que as lajes tenham rigidez transversal suficiente para garantir o seu funcionamento como diafragma. (ACCETTI, 1998).

Segundo Accetti (1998), o uso de lajes pré-moldadas é mais adequado para edifícios baixos, onde o vento não tem influencia significativa, sendo que mesmo quando é tecnicamente adequado o seu uso depende da viabilidade econômica.

Ramalho e Corrêa (2003) afirmam que: “As lajes descarregam todas as cargas sobre as paredes estruturais que lhe servem de apoio.” Para que possa ser

calculado essas ações, consideramos dois casos, as lajes armadas em uma direção e as armadas em duas direções. (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Figura 15 – Transmissão da pressão do vento às paredes resistentes

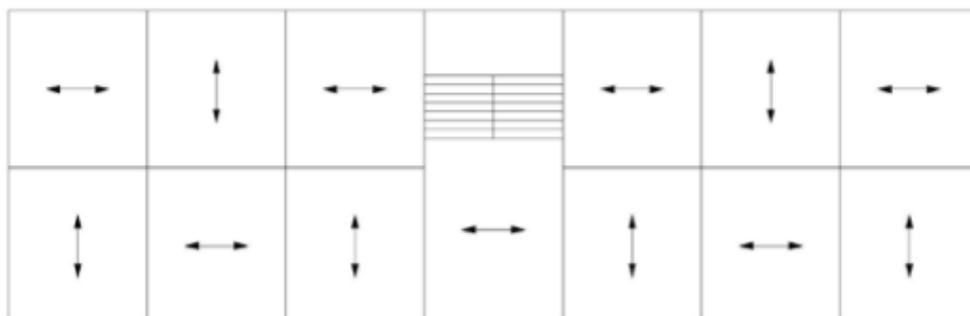


Fonte: Duarte (1987, *apud* RAUBER, 2005).

Para Rauber (2005), as lajes maciças armadas nas duas direções são as mais indicadas devido a rigidez que oferecem na distribuição dos esforços. Ainda segundo o autor, devido ao fato de serem moldadas *in loco* possuem a necessidade de formas e escoramentos, o que afeta a construtibilidade da obra, diminuindo assim a produtividade.

Quando temos lajes armadas em só uma direção, não é indicado que todas as lajes sejam armadas na mesma direção, sendo necessário alternar a disposição das armaduras. (RAUBER, 2005).

Figura 16 – Disposição recomendada das lajes armadas em uma só direção.



Fonte: Rauber, (2005)

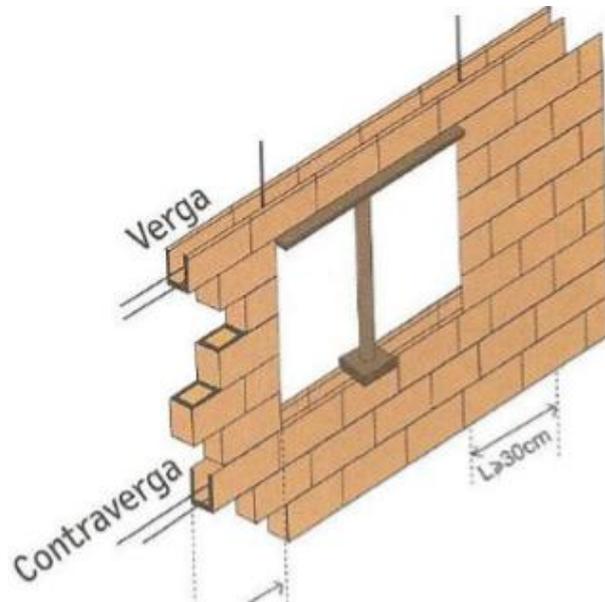
2.4.2 Vergas e contravergas

Segundo Mamede (2001, *apud* HELENA JR., 2010), as vergas e contravergas são elementos estruturais essenciais para evitar o surgimento de patologias como, fissuras em regiões próximas às aberturas.

As vergas se localizam sobre os vãos e as contravergas ficam abaixo da abertura, conforme a figura 17. Segundo Helena Jr. (2010), elas promovem a

distribuição das tensões concentradas nos cantos e a absorção de trações horizontais nessas aberturas.

Figura 17 - Exemplo de verga e contraverga.



Fonte: Leggerini; Kallil, 2007.

Segundo Parkesian (2012), as armaduras das vergas devem ser dimensionadas, porém nas contravergas se utiliza armadura construtiva, geralmente de 10mm, sendo imprescindível o uso de grauteamentos e armadura vertical.

2.5 Considerações sobre o projeto

Segundo Santos (1998), “O projeto tem importância primordial na qualidade das edificações, sendo apontado como a principal origem de patologias das construções, em diversos estudos estrangeiros”.

Santos (1998) destaca que, a integração entre projeto e a obra é imprescindível para reverter erros cometidos nas fases iniciais do projeto, portanto é essencial que a equipe de projeto colabore com alterações não previstas, e a equipe de obra contribua com sua experiência durante a elaboração dos projetos.

Muitas vezes a decisão de como executar é tomada no próprio canteiro de obra, pelo mestre de obras, ou pelo próprio engenheiro, sem realizar um estudo prévio da melhor alternativa. (SANTOS, 1998). Para Santos (1998), isso ocorre porque o projeto quase sempre é encarado como formalidade. Na visão de Silva (2003 *apud* HELENA JR., 2012), é nítido o distanciamento entre projeto e a fase de produção, gerando reduções na eficácia do projeto.

Gráfico 3 – Capacidade de cada fase influenciar no custo final de um empreendimento



Fonte: Construction Industry Institute (1987 *apud* RAUBER, 2010).

Com base no gráfico acima, podemos perceber que é fundamental a valorização da fase de projeto, pois as decisões tomadas nesta fase tem grande capacidade de influenciar no custo final.

Rauber (2005) defende a ideia que:

As possibilidades de influenciar os resultados de um empreendimento são maiores nas primeiras etapas do projeto. À medida que avançam as etapas subsequentes, as possibilidades de influência vão diminuindo e, ao mesmo tempo, aumentam as despesas para os casos de intervenções.

De acordo com Souza (1995 *apud* HELENA JR., 2012), as soluções adotadas na etapa de projeto tem repercussão durante todo o processo da construção e na qualidade final a ser entregue. Quando se trabalha exaustivamente o projeto, isso resulta em economia, ou seja, aumento da lucratividade das empresas. (HELENA JR., 2012).

Em países desenvolvidos, o tempo de projeto chega a ser da mesma ordem de grandeza do tempo dedicado a obra, procurando com isso, evitar as deficiências e os desperdícios comuns na fase de execução. (MELHADO, 1994 *apud* RAUBER, 2005).

Segundo Rauber (2005), o conteúdo de um projeto completo deve ser o mais abrangente possível, permitindo a verificação, coordenação, identificação dos métodos construtivos, além da quantificação de todos os elementos que constituem a obra.

2.5.1 Projeto arquitetônico

Segundo Rauber (2005), a concepção do projeto arquitetônico é uma tarefa árdua, pois ao arquiteto cabe contemplar todos os aspectos técnicos, atendendo-os da melhor maneira possível, visando uma perfeita compatibilização.

Todos os projetos complementares são concebidos a partir do projeto arquitetônico, por isso um projeto mal concebido implicará em efeitos danosos sobre a edificação, pois ele influencia na execução, nos custos, na manutenção do edifício e na vida útil. (RAUBER, 2005).

Segundo Tauil e Nese (2010), a primeira etapa do projeto arquitetônico é o levantamento de dados para compreender o objetivo do empreendimento, a próxima etapa é um estudo preliminar, onde será adotado um partido arquitetônico. Somente após definido a configuração da edificação é que tem a elaboração do anteprojeto, por último é entregue o projeto legal. (TAUIL; NESE, 2010).

Segundo Rauber (2005), cabe ao arquiteto contemplar todos os aspectos técnicos envolvidos na construção, atendendo-os da melhor maneira possível. Ainda segundo o autor, suas decisões de projeto são determinadas com base em diversos fatores como, legislação vigente, normalização, recomendações técnicas, limitações orçamentárias, durabilidade dos materiais, dificuldades de manutenção e reposição.

2.5.2 Projetos complementares

Projetos complementares são todos os demais projetos de uma edificação, sendo os estruturais e os de instalações.

O projeto estrutural para Rauber (2005) é o detalhamento da estrutura da edificação, ou seja, as fundações e a superestrutura, já os projetos de instalações detalham os sistemas prediais existentes na edificação. Para que a arquitetura não gere prejuízos aos projetos complementares, a arquitetura deve ser concebida visando à perfeita compatibilização. (RAUBER, 2005).

2.5.2.1 Projeto de instalações hidráulicas

A passagem dessas instalações são mais problemática, pelo fato de possuírem diâmetros maiores, além de poderem apresentar problemas de vazamento. (ACCETTI, 2010).

Para Accetti (2010), caso seja necessário fazer cortes para manutenção em caso de vazamento, isso poderá atingir a integridade das paredes e alterar a sua função estrutural, assim é importante que o projeto dessas instalações preveja o embutimento da forma mais racionalizada possível.

Segundo Tauil e Nese (2010), todas as soluções para o embutimento das instalações, que evitem rasgos nos blocos devem ser previstas na etapa de projeto, pois rasgos na parede significam retrabalho, desperdício, maior consumo de material e mão de obra, e principalmente insegurança no ponto de vista estrutural, devido a redução da resistência.

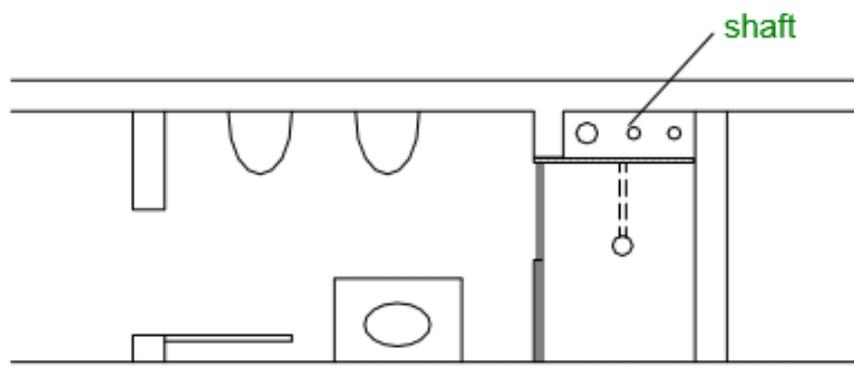
As soluções recomendadas por Tauil e Nese (2010), para a passagem dos dutos hidrossanitários são:

- a) Utilização de paredes nas quais não exista graute para o embutimento das tubulações, com passagem das mesmas pelos furos dos blocos.
- b) Aberturas de passagens tipo shafts.
- c) Emprego de paredes com espessura menor, sobre as quais são instalados dutos, com posterior enchimento da diferença de espessura.
- d) Emprego de tubulações aparentes.
- e) Nos casos em que não seja possível a utilização de blocos especiais, recomenda-se que as aberturas para a passagem de tubulação e fixação de registros sejam feitas em bancadas fora do local do assentamento.

Os autores consideram a melhor alternativa quanto ao ponto de vista estrutural, sendo o uso de shafts, sugerindo então que os banheiros e cozinhas sejam projetados o mais próximo possível, para que as instalações sejam agrupadas, economizando assim no número de shafts.

De acordo com Accetti (2010), os shafts hidráulicos são passagens deixadas nas lajes, que solucionam a passagem de tubulações sem a necessidade de quebra e enchimento das paredes, normalmente executados junto aos boxes de banheiros e em áreas de serviço, conforme a figura a seguir.

Figura 18 – Shaft hidráulico



Fonte: Accetti (2010).

2.5.2.2 Projeto de instalações elétricas

Segundo Parsekian e Moraes (2010 *apud* HELENA JR, 2012), as tubulações devem caminhar sempre na vertical, utilizando os vazados dos blocos para a passagem de mangueiras, não se recomendando cortes horizontais para interligar pontos.

Para Franco (1991 *apud* ACCETTI, 1998), “É essencial, em termos de racionalização construtiva, que estas instalações não exijam o rasgamento das paredes”. Ainda segundo Accetti (1998), os cortes podem reduzir a resistência da parede em torno de 20% ou mais.

Eletrodutos horizontais devem ser embutidos nas lajes ou nos pisos, e as caixas de tomadas e interruptores podem ser previamente fixadas nos blocos. (HELENA JR., 2012). Os quadros de distribuição e as caixas de passagem devem ser previamente definidas e especificadas no projeto, para que caso necessário seja detalhado o reforço necessário na abertura, mantendo assim a integridade estrutural da parede. (TAUIL; NESE, 2010).

A figura 19 mostra os eletrodutos sendo previamente colocados, sendo assim, conforme a parede vai sendo erguida os eletrodutos vão acompanhando. Segundo Tauil e Nese (2010), as caixas de tomadas e interruptores podem ser instaladas nos blocos cortados.

Figura 19 – Instalações embutidas nos blocos.



Fonte: Tauil; Nese (2010).

Hendry (1981 *apud* ACCETTI, 2010) sugere que sejam utilizados blocos já cortados, mais que no caso de ter que corta-los na obra, sejam utilizados ferramentas especiais, além de evitar cortes horizontais e diagonais.

Os recortes feitos nos blocos devem ser feitos faceando uma junta horizontal, para que facilite o corte, os fios apenas são colocados dentro dos conduítes após o término da elevação das paredes. (ACCETTI, 2010).

2.5.3 Compatibilização dos projetos

A compatibilização de projetos integra os projetos correlativos do empreendimento, visando o perfeito ajuste entre eles, sendo de grande importância para a obtenção dos padrões de controle de qualidade da obra. (FILHO, 2010).

Para Ferreira (2007), a preocupação com a compatibilização não é sem razão, ela tem capacidade de influenciar no custo final do empreendimento, pois conforme avança o desenvolvimento do produto maior os gastos com retrabalhos.

Porém, sob a ótica de Mikaldo e Scheer (2008), a compatibilização é mais do que uma solução para se ter um projeto eficiente e racional, ela também é uma ferramenta que pode remediar a falta de integração entre a equipe.

As ações do compatibilizador podem interferir no sucesso do empreendimento, devido a omissão e desconhecimento. (KAMEI; FERREIRA, 2002 apud BALEM, 2015). Portanto, quanto mais forem sobrepostos os projetos arquitetônicos e os demais, maior é a assertividade da etapa construtiva e maior é o esclarecimento das informações entre os profissionais. (FETZ, 2009 apud BALEM, 2015).

A solução para um projeto eficiente e racional está ligado a eficiência da integração das pessoas e das tarefas por estas realizadas, quando isso ocorre, tem-se um número menor de interferências e divergência de informações. (MIKALDO; SCHEER, 2008).

Horostecki (2014, apud Balem, 2015), salienta que compatibilizar projetos requer investimentos que podem ser de 1% até 1,5% do custo da obra, porém esse investimento gera diminuição de despesas que podem variar de 5% a 10%.

Graziano (2003, apud FILHO, 2010), define compatibilidade como atributo do projeto cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si. Para Callegari e Barth (2007), a compatibilização é imprescindível para que se tenha uma produção controlada, sendo uma atividade constante durante a concepção dos projetos.

A compatibilização dos projetos é fundamental para evitar erros causados pela interferência entre projetos, minimizando assim o retrabalho e desperdícios. (RAUBER, 2005). Entre os projetos arquitetônico e os complementares, surge a necessidade de compatibilizar, ou seja, estudar uma maneira de todos os projetos se encaixarem harmonicamente. (RAUBER, 2005).

O arquiteto desenvolve o projeto de arquitetura, com base nisso o engenheiro calcula e lança as estruturas, além das outras instalações, assim cada um realiza seu trabalho, sem trocar informações com os demais, daí surge a incompatibilidade de projeto. (CAVALHEIRO, 1998).

Segundo Callegari e Barth (2007, *apud* MELHADO, 2005), a compatibilização deve acontecer depois que os projetos estiverem prontos, pois ela funciona como uma “malha fina”, na qual serão detectados possíveis erros.

Na compatibilização, os projetos são superpostos para verificar as interferências entre eles, e os problemas são evidenciados para que a coordenação possa solucioná-los. (CALLEGARI; BARTH, 2007 *apud* MELHADO, 2005). Quando se trata de um projeto simples, essa compatibilização ocorre simultaneamente, já em projetos mais complexos, é difícil conciliar esses projetos somente mentalmente. (RAUBER, 2005).

Segundo Rocha (1990, *apud* RAUBER, 2005), toda essa compatibilização da arquitetura com a estrutura da edificação se transforma num verdadeiro “quebra-cabeças” que o projetista tem que resolver da melhor maneira possível.

Callegari e Barth (2007, *apud* MELHADO, 2005), diz que a compatibilização é uma atividade que gerencia e integra projetos, buscando perfeito ajuste entre os mesmos, conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade de uma obra.

Para Tavares Jr (2002), as empresas de pequeno porte geralmente não fazem a compatibilização entre os projetos, sendo que este processo é fundamental para evitar má qualidade da edificação e o aumento do custo da construção. A compatibilização é importante para a melhoria da construtibilidade e para a racionalização, pois ela promove integração. (FILHO, 2010).

2.5.3.1 Gerenciamento de projetos

A alvenaria estrutural por se tratar de um sistema de construção racionalizado exige uma integração maior dos projetos, pelo fato das paredes exercerem dupla função, ou seja, vedação e estrutural, por esse motivo é necessário o gerenciamento dos projetos. (CAVALHEIRO, 1998).

Devido à falta de coordenação entre os diversos sistemas construtivos envolvidos, ocorrem as incompatibilidades de projetos ou as modificações no decorrer da construção. (SOUSA JR et al, 2014).

O gerenciamento de projetos tem sido reconhecido como uma das alternativas que possibilitam a melhoria dos produtos e serviços. (CALLEGARI; BARTH, 2007). Segundo os autores, foi constatado que com a ausência desse gerenciamento ocorrem dificuldades para o alcance de melhorias na qualidade dos projetos de arquitetura.

Camacho (2006) define como sendo uma atividade em que deverão ser identificadas as interferências e as inconsistências entre todos os projetos que fazem parte do projeto executivo geral, para que não ocorram improvisações na fase de execução.

Para Adesse e Melhado (2003, *apud*, CALLEGARI; BARTH, 2007), esse gerenciamento compreende um conjunto de ações envolvendo planejamento, organização, direção e controle do processo de projeto, sendo que isso deve ser executado por um coordenador de projetos.

Conforme Cavalheiro (1998), essa coordenação permite que sejam evitados desencontros de projetos, sendo assim, nada impede que um determinado projeto arquitetônico, já pronto, possa ser adaptado para esse sistema construtivo.

Essa etapa tem como objetivo gerenciar e compatibilizar as interferências, promover a comunicação entre os participantes do projeto para coordenar as soluções, além de integrar o processo produtivo e as soluções, garantindo, assim, um projeto final de qualidade. (HELENA JR., 2012).

Na literatura segundo Ferreira (2001), ainda não existe consenso entre a função do gerente, coordenador e compatibilizador. Sendo o gerente é responsável por tomar decisões estratégicas e o coordenador operacionaliza essas decisões e já o compatibilizador, compatibiliza as interferências nos diversos projetos. (FERREIRA, 2001).

O compatibilizador de projetos é responsável por levantar as incompatibilidades, para que possa tomar ações que solucionem os problemas encontrados, assim irá otimizar o processo construtivo.

2.6 Ferramentas de compatibilização

2.6.1 Sistema CAD

No século XIX os projetistas usavam as ferramentas simples de desenho como papel, caneta e régua para detalhar os elementos dos projetos de edifícios. No entanto, com a invenção do computador, o CAD 2D foi adotado como ferramenta de desenho. (PHIRI, 1999 *apud* SOUSA, 2010).

CAD (Desenho Assistido por Computador) é o termo para descrever o sistema dedicado à área de projetos de Engenharia, Arquitetura e Design, sendo utilizado para a representação gráfica de elementos de projeto. (BOTOLOTTO, 2014).

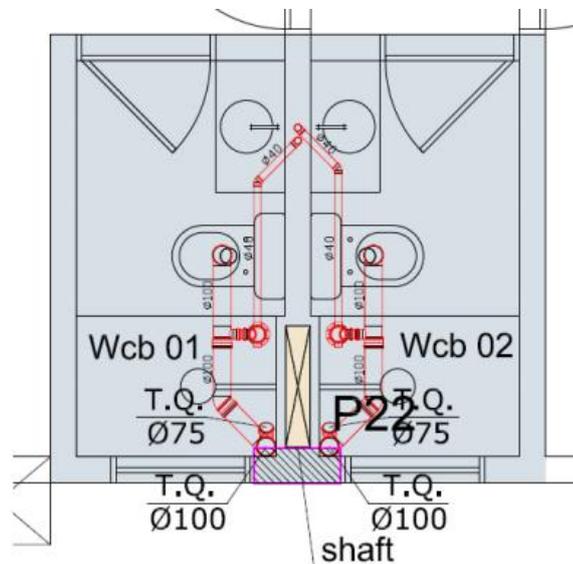
Existe carência de softwares para a compatibilização de projetos, assim a compatibilização de projetos é feita geralmente pela sobreposição de plantas em softwares de CAD. (MIKALDO JR, 2006).

Segundo Ávila (2011 *apud* ALGAYER, 2014), o sistema CAD possui ferramentas que oferecem boas condições para a compatibilização de projetos em 2D, organizando os projetos complementares e de arquitetura em layers específicas.

Segundo Goes e Santos (2011), mesmo com avanços tecnológicos em sistemas de CAD tridimensionais, os profissionais da área da construção ainda se utilizam da leitura de folhas bidimensionais sobrepostas, ou de layers sobrepostas no autocad.

A compatibilização dos projetos pode ser feita em 2D, utilizando softwares do tipo CAD, onde será feita a sobreposição das plantas como mostra a figura 20.

Figura 20 – Sobreposição de projeto arquitetônico e sanitário.



Fonte: Sousa Junior, Almir M. et al., 2014.

Conforme Sousa (2010), o CAD oferece benefícios significativos para a concepção e gestão de projetos, pois ele proporciona uma visão detalhada das soluções adotadas além uma visão geral do sequenciamento da execução e suas etapas.

O AutoCAD 2D disponibiliza tipos de linhas, cores de linhas, hachuras, fontes, marcações, espessuras, configurações estas utilizadas para identificar os elementos dos desenhos. Por isso, é necessário que as layers e cores, de cada projeto, estejam “compatibilizadas”, pois cada qual representa um elemento do projeto.

Para compreender o projeto é necessário imaginar, as formas e os detalhes construtivos a partir das simbologias e representações bidimensionais. (GOES; SANTOS, 2011).

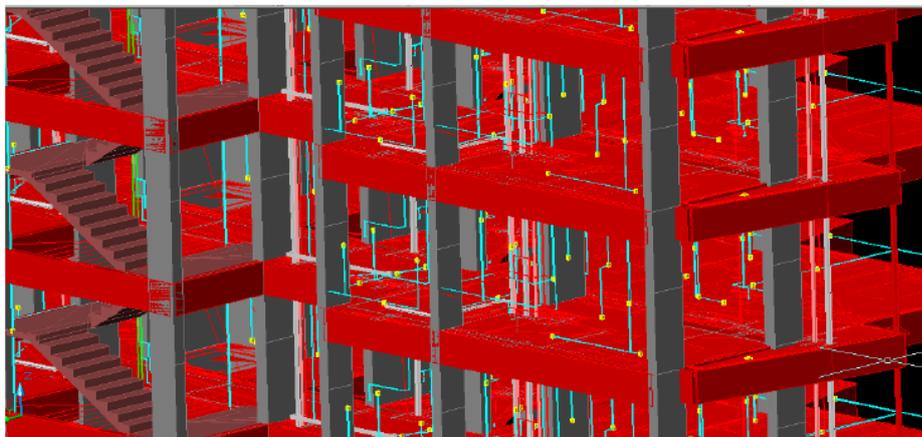
Segundo Sousa (2010, *apud* Costa, 2013) a compatibilização através da superposição de plantas em 2D também tem fortes limitações, fazendo com que sejam detectadas apenas incompatibilidades mais evidentes, principalmente entre as interfaces dos projetos hidrossanitários e elétricos, devido a dificuldade de visualização de tubos e eletrodutos.

Essas limitações acontecem, pois a compatibilização em 2D exige maior esforço para entender as tubulações que cruzam com a estrutura e verificar se as mesmas passam por cima ou por baixo dos elementos estruturais. (MIKALDO JR., 2006 *apud* COSTA, 2013).

2.6.2 Sistema 3D convencional e tecnologia BIM

A compatibilização utilizando modelos em três dimensões (3D) permite integrar os modelos tridimensionais gerados por softwares como o Eberick, Hydros e Lumine, sendo possível assim detectar as interferências conforme na figura 21.

Figura 21 – Integração de projetos 3D estrutural, hidráulico e elétrico.



Fonte: Mikaldo JR.; Scheer, 2008.

Os modelos virtuais 3D facilitam a compreensão do projeto e o torna acessível a todos, pois não é necessário possuir conhecimento das simbologias e representações dos desenhos. (ALGAYER, 2014). Conforme Algayer (2014 *apud* GOES,2011), o CAD 3D proporciona a elaboração de plantas, cortes e elevações,

mas é necessário inserir informações bidimensionais para complementar o detalhamento, ao contrário do BIM que é mais evoluído.

Segundo Goes e Santos (2011), o BIM é uma tecnologia para a modelagem associado ao processo de produção, comunicação e análise do modelo de construção, tendo como objetivo integrar os projetos em um modelo virtual único do edifício. A tecnologia BIM tem todas as funções do CAD 3D. (SOUSA, 2010).

Além do mais, o BIM permite a geração automática de plantas e vistas completas com simbologias 2D, sendo que para isso o CAD 3D ainda requer inserção manual de algumas representações. (GOES; SANTOS, 2011).

O modelo 3D convencional é apenas uma representação tridimensional do edifício, já o modelo BIM é como um protótipo do prédio, ele pode ser visto em 3D, mas ele também inclui informações usadas para a estimativa de custos, simulação de consumo de energia, etc. (GOES; SANTOS, 2011 apud GENERAL SERVICES ADMINISTRATION, 2007).

Segundo Sousa (2010), o BIM trabalha com o modelo real do edifício, ao invés de uma representação 2D, por isso ele possibilita a geração de relatórios de volume de massa de construção, além de animações e cenas de realidade virtual.

Para Rosso (2011 apud BALEM, 2015), essa plataforma permite verificar as interferências, além de testar alternativas de projeto e ensaiar comportamento do modelo sob a ação de diversos agentes. Como na figura 22, onde é possível visualizar o conflito entre o projeto hidráulico e o projeto estrutural além da possível correção.

Figura 22 – Interferências entre projetos

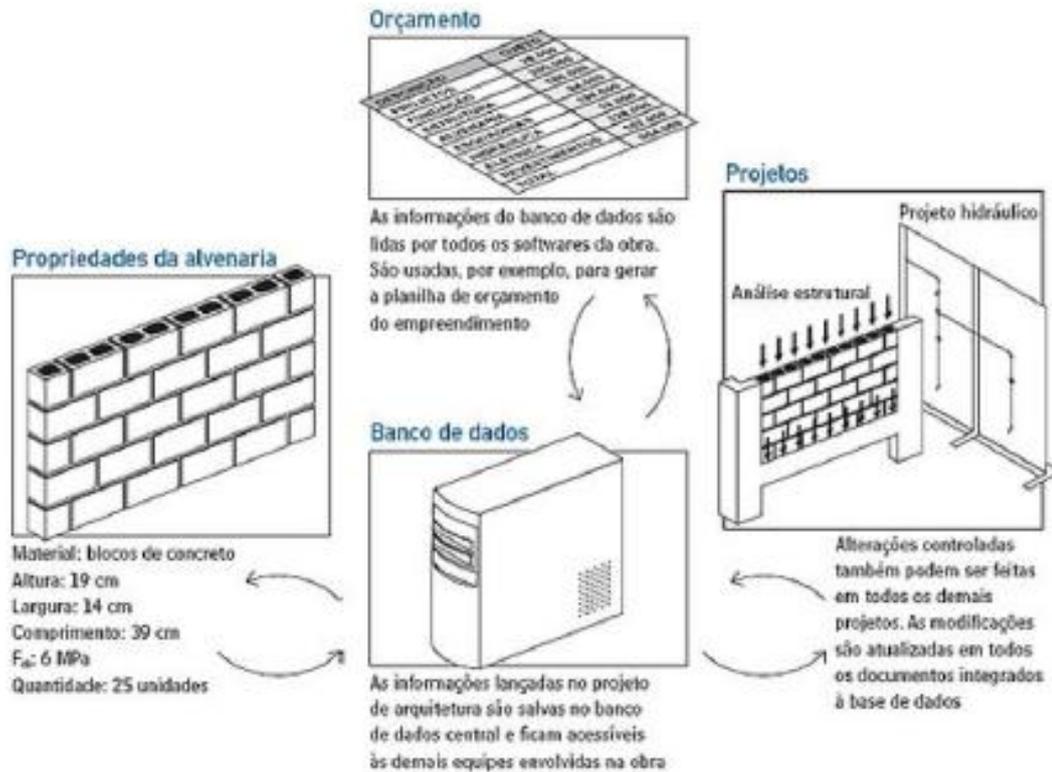


Fonte: Garbini, (2012 apud Costa, 2013).

Diferente da maquete eletrônica do CAD convencional que a reprodução dos desenhos são desvinculadas e seus objetos são representados por linhas e colunas, o modelo BIM gera desenhos que se vinculam à edificação. (Bortolotto, 2014).

No BIM os elementos da edificação são descritos de forma integrada, nele são compostas informações quantitativas e qualitativas, tais como durabilidade, resistência e vida útil. (SOUSA, 2010). Segundo Faria (2007, apud Bortolotto, 2014) nos softwares BIM, o desenho é mais inteligente, sendo possível atribuir as propriedades ao desenhar uma parede, como na figura 23.

Figura 23 – Parametrização de informações.



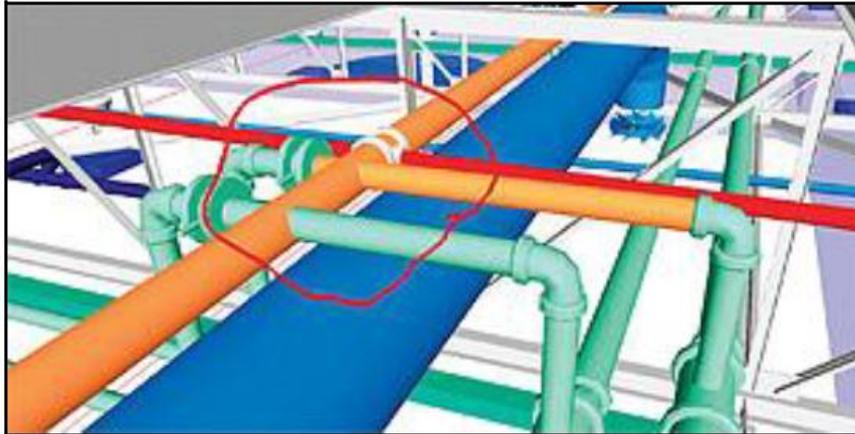
Fonte: Faria, (2007 apud Bortolotto, 2014).

A plataforma BIM possibilita simulações 3D bem próximas do real, o que gera economia e menos impacto para o meio ambiente, pois torna o trabalho mais eficaz. Ele permite a maior integração entre os projetos.

A criação dessas maquetes eletrônicas tornaram-se importantes para melhorar a compreensão do sistema criado e das interferências que possam surgir. (KOWALTOWSHI, 2006 apud COSTA, 2013).

Para Eastman et al. (2014, apud BALEM, 2015) o BIM propicia a colaboração entre os participantes do projeto, minimizando assim os erros e modificações em obra, resultando em um processo de entrega eficiente e confiável.

Figura 24 – Exemplo de modelo 3D em uma plataforma BIM.



Fonte: Construção mercado,2014.

Todos os aspectos da construção são modelados em 3D, por esse motivo o BIM é uma ferramenta poderosa para eliminar erros e identificar conflitos geométricos entre os elementos da edificação. (SOUSA, 2010).

2.6.3 Software Revit

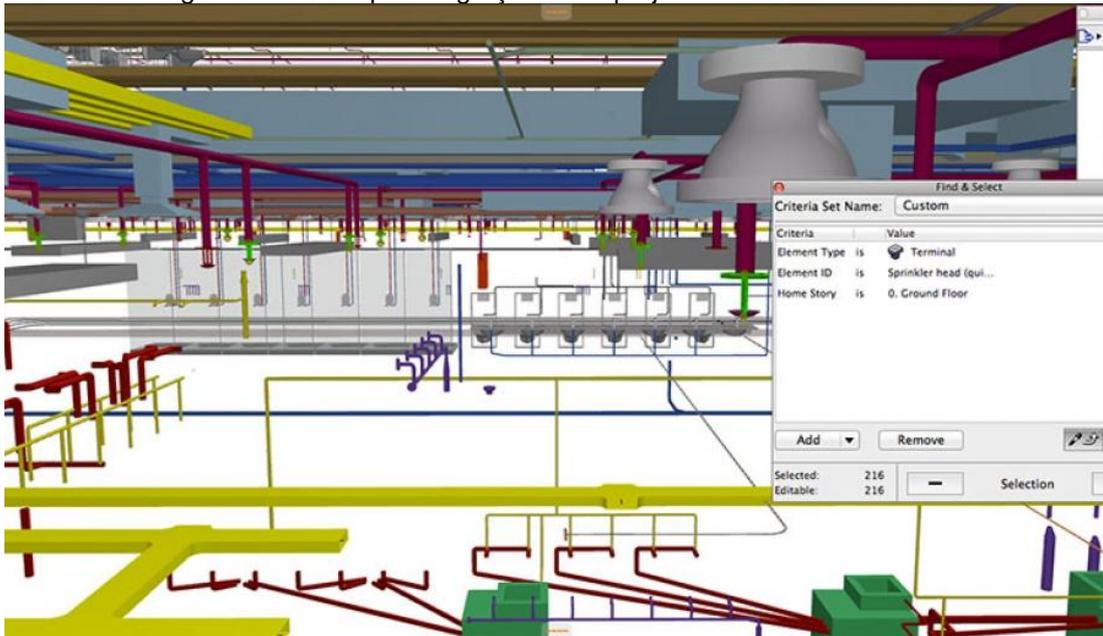
O software foi criado pela Autodesk seguindo o conceito de Modelagem de Informações de Construção, assim ele possibilita para que o usuário projete com a modelagem paramétrica de elementos, ele inclui recursos para projeto de arquitetura, de engenharia estrutural, de instalações elétricas e hidrossanitárias. (BORTOLOTTI, 2014).

Segundo Bortolotto (2014), essa plataforma BIM destaca-se por parametrizar as informações, possibilitando a criação de um modelo virtual onde suas características virtuais sejam similares ao modelo real, sendo que o projeto aqui não é um simples desenho composto por linhas e sim um modelo composto por dimensões e proporções.

2.6.4 ArchiCad

O ArchiCad é um programa CAD BIM para projeto em CAD 2D e 3D e maquetes eletrônicas, que armazena dados da construção utilizando um modelo virtual da edificação. Esse programa permite integrar dados da construção e foi desenvolvido por uma empresa Húngara. Com ele é possível criar e representar a edificação juntamente com todos os seus componentes, permitindo a análise de interferências entre projetos. (NOLETO, 2011).

Figura 25 – Exemplo integração entre projetos utilizando ArchiCad.

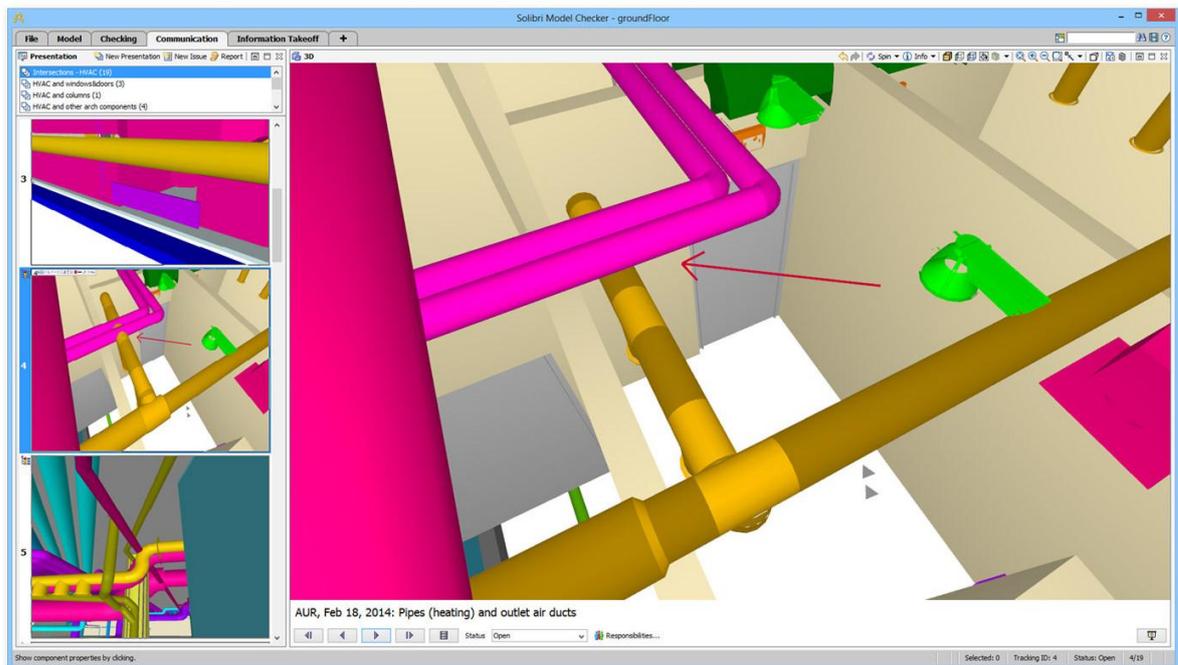


Fonte: Fontan, 2016.

2.6.5 Solibri Model Checker

Software para a análise de modelos BIM que faz um “raio X” completo do modelo da edificação revelando falhas e interferências entre projetos. Ele faz uma análise e agrupa as interferências de acordo com sua gravidade, encontrando problemas relevantes de maneira fácil e rápida. (SOLIBRI, 2015).

Figura 26 – Exemplo integração entre projetos utilizando ArchiCad.



Fonte: Solibri, 2015.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa

A pesquisa consiste em um estudo de caso, ou seja, ele permite identificar os problemas, a partir de uma análise com intuito de propor soluções. Sendo assim o estudo tem com intuito buscar diretrizes que se adequem á um projeto arquitetônico, de maneira que proporcione a elaboração de um projeto de alvenaria estrutural. Esse projeto foi proposto para ser utilizado na construção de um conjunto habitacional de interesse social.

A pesquisa visa proporcionar maior conhecimento em relação a projetos de alvenaria estrutural e a compatibilização necessária para esses projetos, sendo que para isso foi feito uma coleta de informações bibliográficas em livros, dissertações e teses relacionadas ao tema, com intuito de adquirir maior conhecimento sobre o assunto.

Após a coleta de informações, foi feito a compatibilização de um projeto arquitetônico buscando adequar-se as necessidades da alvenaria estrutural, por meio da utilização de um software, com intuito de analisar as interferências.

Em seguida foram adotadas soluções, para que assim o projeto elétrico, hidráulico e sanitário sejam atendidos e obtenham um bom aproveitamento, evitando a necessidade de retrabalho e de tomada de decisões não planejadas, durante a fase de execução. Por fim, realizou-se o projeto estrutural onde foi executada a modulação compatível com o projeto.

O projeto arquitetônico foi fornecido pelo professor orientador, para à análise da compatibilização. Com base nesse projeto, realizou-se o projeto estrutural.

3.2 Objeto de estudo

O objeto de estudo foi proposto na quadra 1304 Sul, localizado em Palmas Tocantins, sendo um condomínio de Habitação Popular, com edifícios de dois pavimentos. O projeto foi fornecido pelo orientador e tem apenas finalidade acadêmica de estudo.

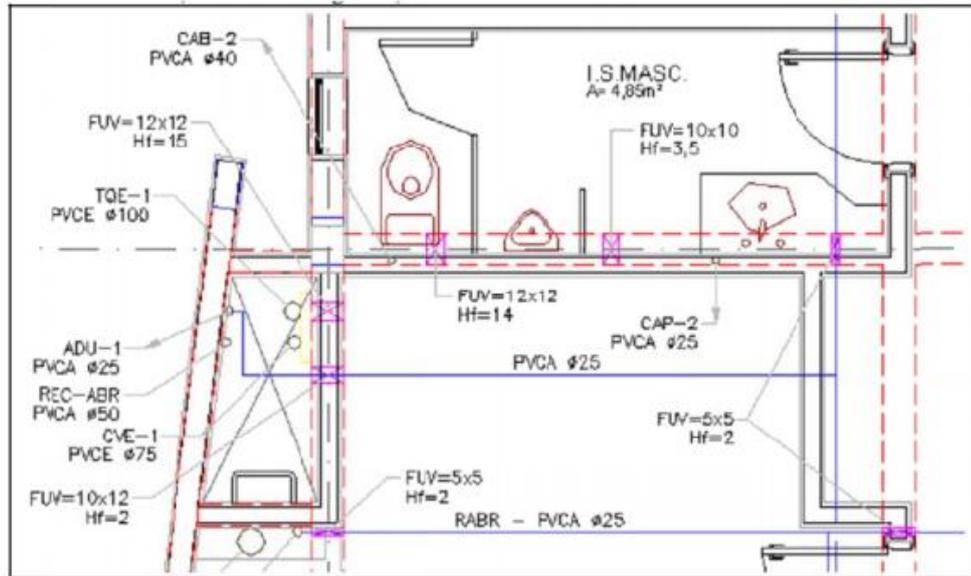
3.3 Compatibilização de projeto

A verificação das incompatibilidades foi realizada através da sobreposição das plantas baixas arquitetônica e complementares de cada pavimento, buscando verificar os elementos conflitantes entre os projetos. Para isso é utilizado o software AutoCad, além dos projetos impressos e do software QiAlvenaria, para que as

interferências sejam evidenciadas, evitando tomada de decisões no canteiro de obras, decisões essas que possam ser inadequadas.

Na figura 22, pode ser observado a sobreposição das plantas utilizando o AutoCad 2D.

Figura 27 –Exemplo de sobreposição de projetos.



Fonte: Mikaldo JR.; Scheer (2005, *apud* Filho, 2010).

A sobreposição dos projetos foi feita por etapas, tomando como base o projeto de arquitetura. Portanto as sobreposições serão realizadas da seguinte forma:

- Projeto Alvenaria Estrutural x Hidráulico
- Projeto Alvenaria Estrutural x Sanitário
- Projeto Alvenaria Estrutural x Elétrico

Não é indicado sobrepôr mais de dois projetos, pois isso pode dificultar a visualização das interferências. As interferências encontradas foram apresentadas em uma tabela, junto com as soluções adotadas. Também será apresentado um projeto compatibilizado, com intuito de mostrar os pontos conflitantes.

As possíveis interferências ou inconsistência que foram analisadas são, por exemplo, a diferença de cotas entre projeto arquitetônico e estrutural, divergências nas localizações de portas e janelas, variação de espessura de paredes.

Os tópicos analisados para a compatibilização entre o projeto arquitetônico e elétrico são locação do quadro de distribuição, pontos de iluminação, interruptores e tomadas, analisando se os eletrodutos não estão descendo em paredes com esquadrias, em bonecas de portas ou passando por pontos de graute.

A passagem dos eletrodutos deve ser feita sem interferência, os pontos de tomadas e interruptores devem estar de preferência faceados com as juntas horizontal dos blocos, evitando assim cortes no meio dos blocos ou nas laterais, pois esses cortes diminuem a resistência dos blocos.

Já para a verificação entre o projeto arquitetônico, hidráulico e sanitário foi analisado as tubulações de água fria, tubulações de esgoto e ventilação, garantindo que as tubulações passem por dentro dos blocos.

Deve ser observado se não existe alguma tubulação passando por elemento estrutural, também observar se pontos de alimentação de água não estão localizados sobre pontos de graute.

O projeto hidráulico e sanitário, jamais deve entrar em contato com o sistema elétrico, além do mais entre as tubulações de esgoto e hidráulica deve-se manter uma distância segura, evitando assim contaminação.

Depois de detectado todos os conflitos, realizou-se um estudo para adequação, buscando alcançar soluções e assim tornar compatíveis os elementos construtivos analisados.

3.4 Adaptação do projeto arquitetônico

Os eletrodutos devem passar por dentro das paredes, pois não é recomendado o corte de paredes de alvenaria estrutural. Para os pontos com necessidade de cortes horizontais, para que seja feito a interligação entre eles, foi necessário refazer a distribuição destes eletrodutos, ou embuti-los nas lajes.

Para problemas como descida de eletrodutos em paredes com interferência de esquadrias, ou ponto de graute foi necessário subir o eletroduto a partir da laje de piso. Caso o ponto de tomada ou interruptor esteja localizado em ponto de graute, foi necessário reposiciona-lo, já em caso de interferência do shaft com esquadria a solução indicada é reduzir o vão da esquadria.

As passagens de tubos pelas paredes não são indicados, para que não haja futuramente a necessidade de cortes, caso necessite de manutenção. Portanto a solução adotada para as tubulações verticais é o uso de shafts ou paredes hidráulicas. Já como solução para os tubos horizontais, é possível encaminha-los junto ao teto, ou até mesmo amarra-los a parede, para que depois sejam cobertos pelo reboco.

Entre o shaft e a laje deve ser feito a análise em relação ao local da abertura, para que não tenha interferência com os elementos estruturais. Em relação à

tubulação de esgoto primário, ou seja, as tubulações de descarga, caso possível deverão estar dentro dos shafts. Já as tubulações de esgoto secundário, aqueles que recebem os efluentes, irão atravessar a laje.

As interferências que impactarem na elaboração do projeto, foram resumidas em uma tabela, onde foram levadas em consideração as interferências entre os projetos e às soluções para o ajuste de cada problema identificado.

A seguir na tabela 2, temos um exemplo da tabela que foi utilizada para mostrar as possíveis interferências e as adequações necessárias. Essa tabela foi feita para a análise entre cada projeto.

Tabela 2 – Incompatibilidades levantadas.

PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		
IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	IMPACTOS NO PROJETO DE ALVENARIA	ADEQUAÇÕES CORRETIVAS

Fonte: Autora, 2016.

Em relação à modulação, realizou-se os ajustes das dimensões horizontais e verticais, adotando sempre dimensões múltiplas, pois dessa forma o uso de blocos especiais pode ser reduzido e também as amarrações das paredes podem ser simplificadas, sendo isto algo importante para à racionalização.

3.5 Dimensionamento do projeto

O QiAlvenaria não dimensiona, ele trabalha com blocos obedecendo a resistência mínima para paredes estruturais a níveis do solo de 4,5 MPa. A única coisa que ele faz nesse sentido é fazer um processamento do projeto, mostrando as paredes que não estão alinhadas ou que não estão sendo amarradas.

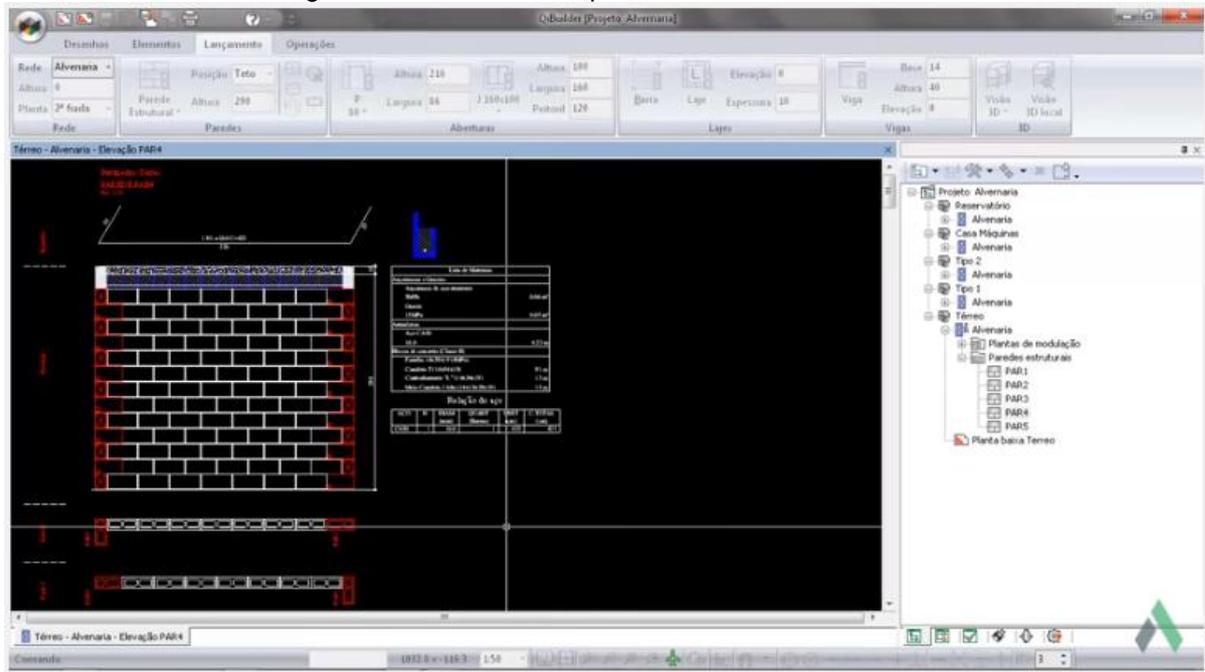
“A ABNT NBR 10837 (1989) adota o método das tensões admissíveis para o dimensionamento dos elementos de alvenaria estrutural”. (ACCETTI, 1998). Segundo a norma “No cálculo dos esforços solicitantes, deve ser considerada a influência das cargas permanentes e acidentais e de todas as ações que possam produzir esforços importantes”.

Este método não permite que as solicitações provenientes das cargas permanentes e acidentais causem tensões que excedam as tensões admissíveis dos materiais.

“Devem ser previstas cintas contínuas em todas as paredes externas e internas solidárias com as lajes e que absorvem as cargas horizontais”. (ABNT NBR 10837, 1989).

Na figura 21, é possível ver a representação das cintas, onde são colocadas canaletas tipo J alto por causa das lajes.

Figura 28 – Vista de uma parede utilizando canaleta J.



Fonte: AltoQi, 2015.

Segundo a documentação técnica do QiAlvenaria (2015), após o lançamento do projeto de alvenaria, deve ser feito o processamento deste projeto. No processamento do projeto de Alvenaria, o programa irá verificar se as paredes de vedação e estrutural lançadas no pavimento estão alinhadas com uma parede estrutural, garantindo assim que a transferência de cargas seja feita de forma uniforme.

Na ABNT NBR 10837 (1989) a espessura mínima de uma parede de alvenaria não armada é de $1/20$ da sua altura efetiva, sendo que não deve ser inferior a 14 cm. Já para as paredes armada a ABNT NBR 10837 (1989) diz que, a espessura mínima de uma parede resistente deve ser de 14 cm.

3.6 Elaboração do projeto de alvenaria estrutural

O QiAlvenaria é um programa para detalhamento de alvenaria estrutural, com objetivo de construir geometricamente uma edificação, definir suas modulações, contrafiamento das paredes e geração das elevações. (AltoQi, 2015).

Segundo a documentação técnica do QiAlvenaria (2015), a concepção dos projetos são realizadas sobre uma planta de arquitetura. Todas as informações metodológicas para essa elaboração, foram obtidas através da documentação técnica do QiAlvenaria.

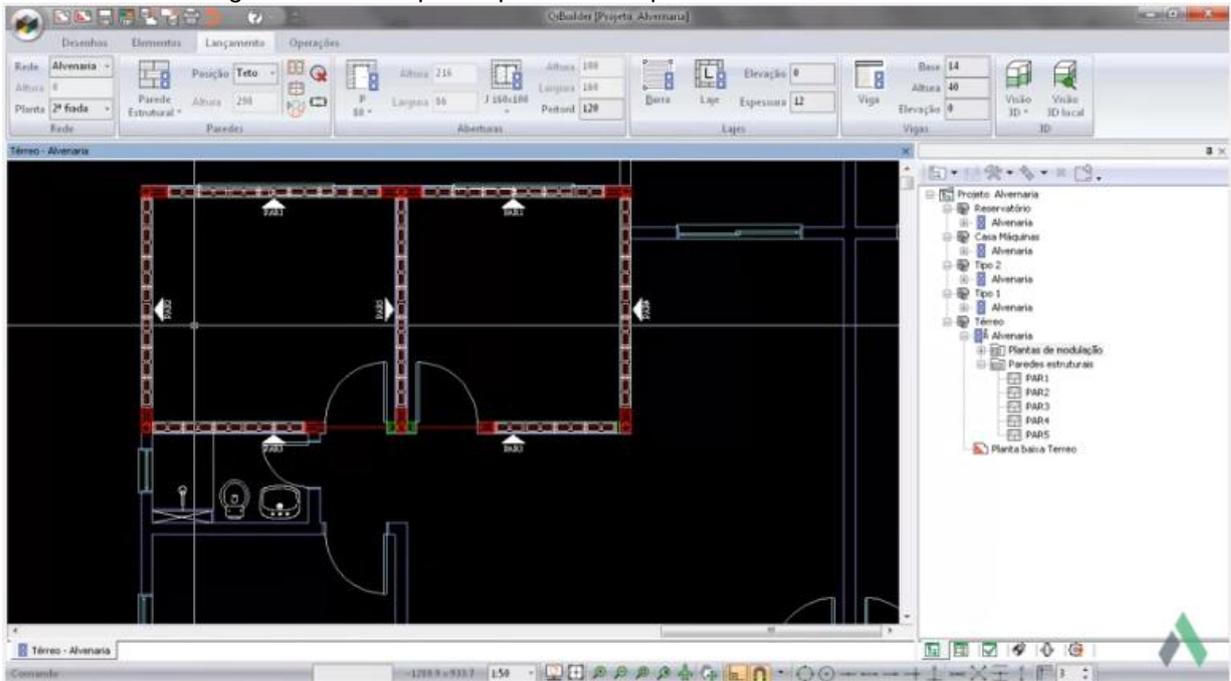
O primeiro passo foi efetuar a inserção da arquitetura. O detalhamento de cada pavimento foi efetuado separadamente, por isso as paredes correspondentes entre pavimentos devem estar na mesma posição. Portanto foi criado um ponto de referência em cada pavimento, para garantir que as paredes estejam alinhadas. Esse ponto de referência deve ser um ponto em comum entre todos os pavimentos, como por exemplo, a caixa da escada.

A primeira planta a ser posicionada foi a do pavimento térreo, seguido por a do pavimento tipo 1, e assim sucessivamente, até o ultimo pavimento. Uma vez editada a arquitetura do pavimento tipo 1, pode-se utilizá-la como referência ao pavimento tipo 2, para que as paredes fiquem alinhadas.

O projeto de alvenaria é iniciado pela definição dos eixos das paredes estruturais, tomando por base a posição das paredes da arquitetura, após os eixos definidos realizou-se o lançamento de cada parede individualmente, sendo que para isso foi definido a largura da parede, sendo a largura mínima de 14 cm.

Depois do lançamento, o programa automaticamente define a 1ª, 2ª e 9ª fiada. Na figura 22, é possível ver as paredes já lançadas e com as aberturas das portas, quando é feito o lançamento da abertura sua fiadas já são modificadas automaticamente.

Figura 29 – Exemplo de planta baixa parede de alvenaria estrutural.



Fonte: AltoQi, (2015).

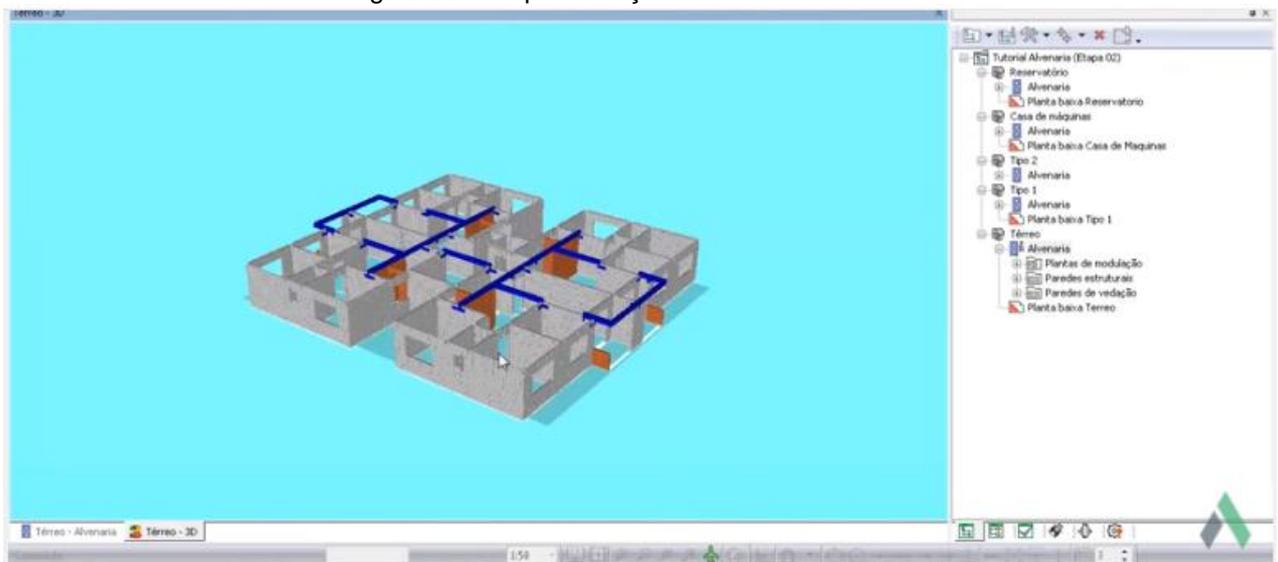
As paredes de vedação não servem de apoio para as lajes e nem vigas, pois elas não possuem função estrutural, por isso elas foram lançadas posteriormente, devido a sua composição diferenciada.

O lançamento dessas paredes realizou-se do mesmo jeito da parede estrutural, a única mudança é que foi necessário indicar para o programa que aquela é uma parede de vedação, pois não é feito contrafiamento entre as paredes de vedação e estrutural.

No QiAlvenaria, as aberturas são tratadas como propriedades da parede. Para o lançamento da abertura é definido apenas sua localização, no caso das janelas é necessário definir peitoril e altura das janelas, e para as portas é necessário definir apenas a sua largura. As aberturas realizadas na estrutura podem ser conferidas através da visualização 3D, conforme a figura 23.

Após o lançamento das aberturas, foi feito o lançamento das vigas. As armaduras das vigas não são detalhadas no QiAlvenaria, mais foi necessário lançar a armadura de cada elemento. Em seguida, realizou-se o lançamento das lajes, e suas armaduras também não são detalhadas. Lembrando que as paredes de vedação não são consideradas como apoios de laje.

Figura 30 – Representação 3D da alvenaria.

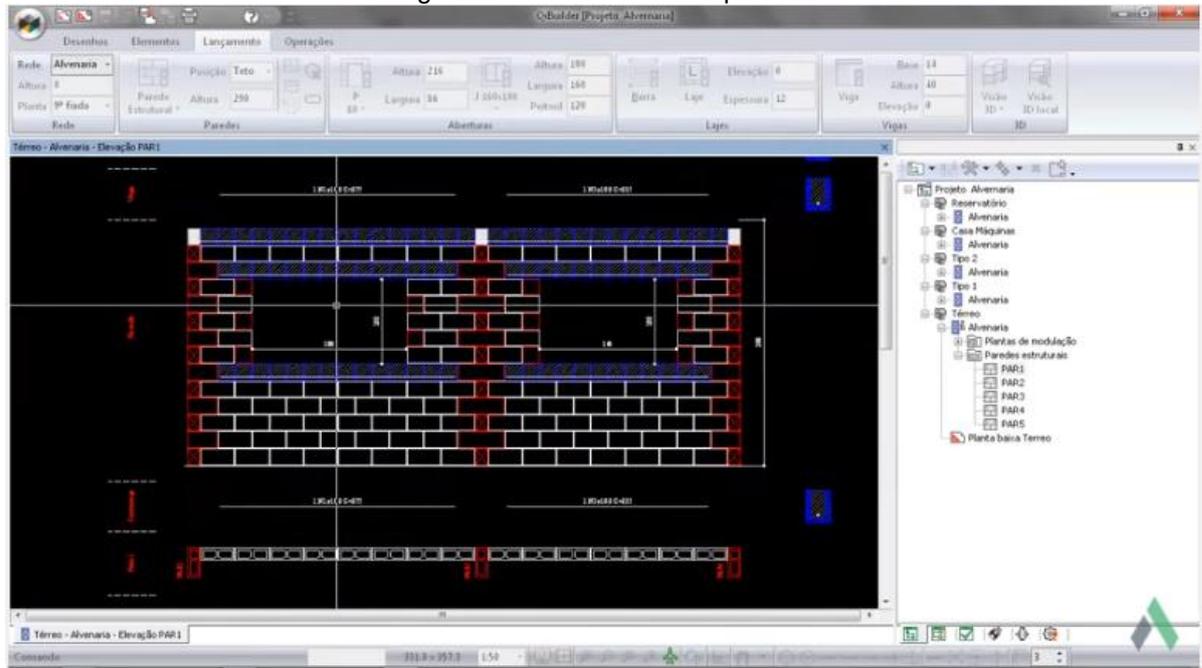


Fonte: AltoQi, 2015.

Com o fim do lançamento do pavimento térreo é possível copiar seu lançamento para o pavimento tipo 1, realizando somente os ajustes necessários, assim todo o lançamento e seus detalhamentos serão copiados.

Na figura 31 é possível ver a elevação da parede em vista, onde podem ser visualizadas todas as fiadas, aberturas e canaletas, além do mais, também é possível ver a parede em planta logo abaixo da vista de elevação.

Figura 31 – Vista frontal da parede.



Fonte: AltoQi, (2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

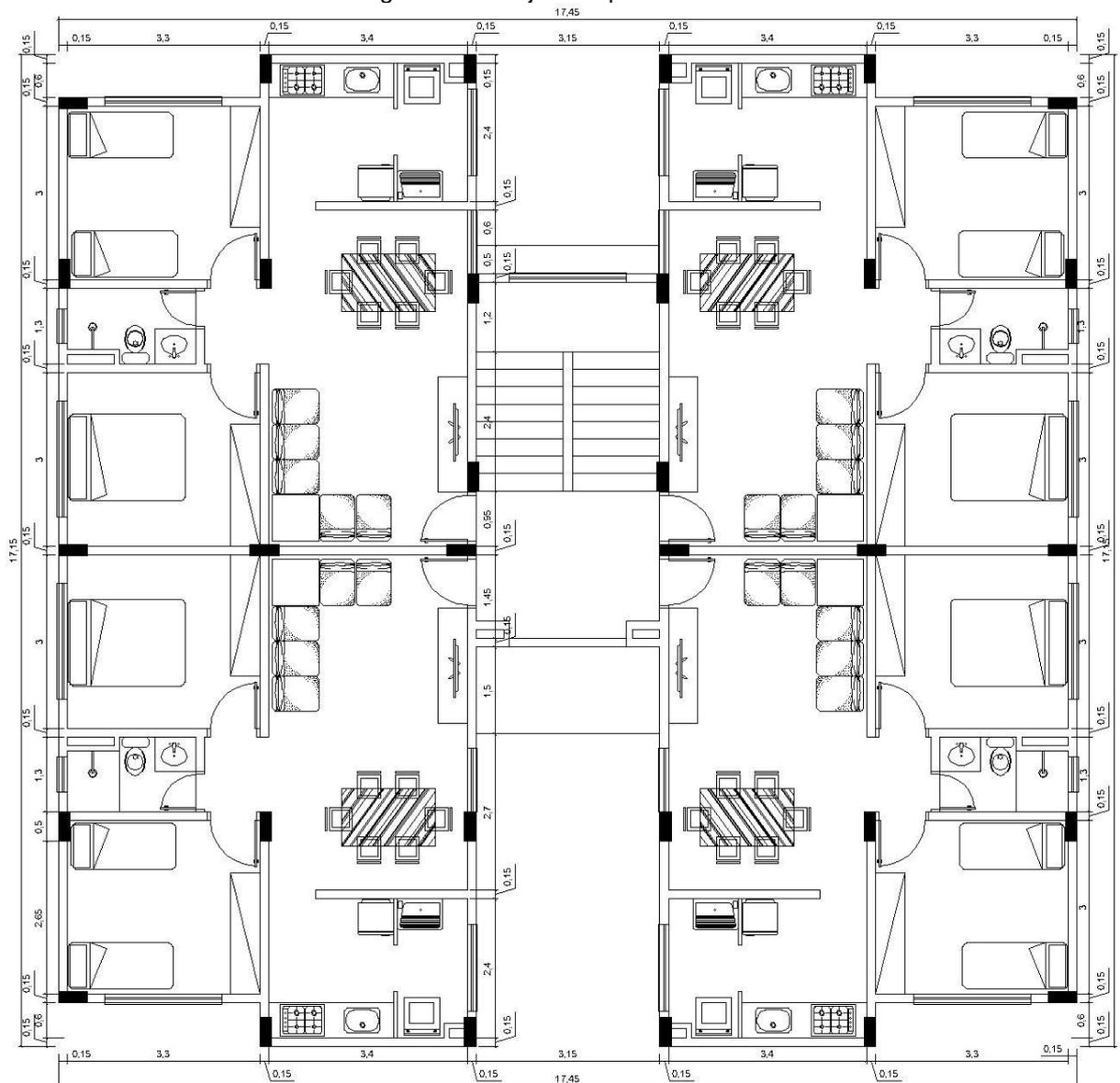
4.1 Desenvolvimento do projeto de alvenaria estrutural

4.1.1 Software QiAlvenaria

Os projetos arquitetônicos e complementares foram desenvolvidos em 2D, ou seja utilizando forma bidimensional em DWG. A primeira etapa foi à criação do projeto arquitetônico, seguidos dos projetos complementares sendo eles, hidrossanitário e elétrico. Os projetos foram fornecidos pelo professor orientador, apenas como finalidade acadêmica de estudo.

O projeto de alvenaria foi realizado utilizando o software Qialvenaria, com base no projeto arquitetônico a baixo.

Figura 32 – Projeto Arquitetônico.



Fonte: Autora, 2017.

Antes de iniciar o desenvolvimento do projeto de alvenaria é necessário configurar a família que será utilizada para paredes de vedações e para as estruturais. Sendo que para os dois casos a família de blocos escolhida é 14x29.

Em seguida é possível iniciar o lançamento das paredes, sendo realizado primeiro o das paredes estruturais e depois os das paredes de vedação, pois o programa não realiza amarração entre elas.

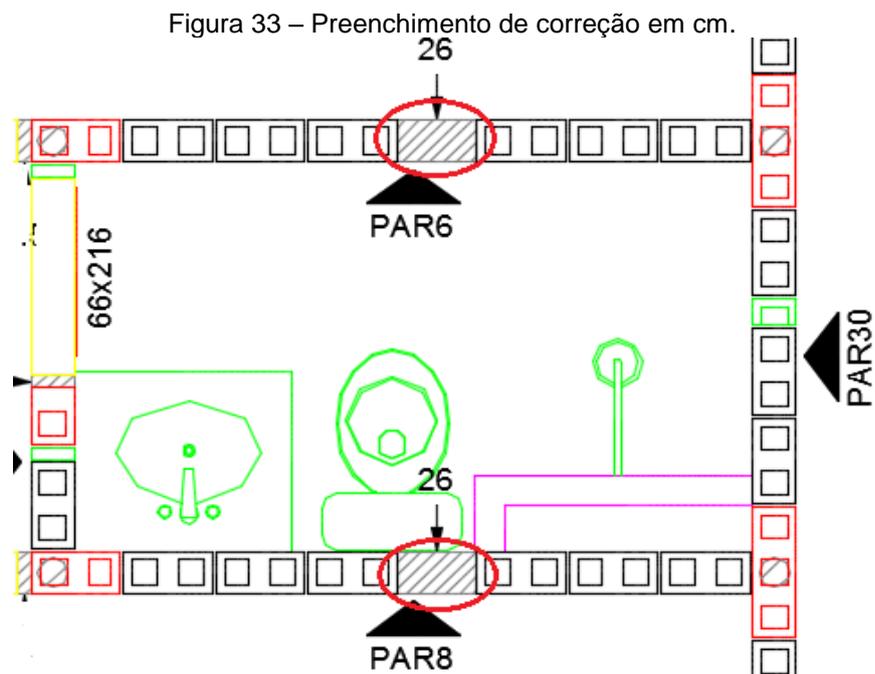
4.1.2 Coordenação modular

O bloco é o componente básico da alvenaria e possui três dimensões principais: comprimento, largura e altura. (RAMALHO; CORRÊA, 2003). O modulo horizontal é definido pelo comprimento e a largura já o vertical depende da altura.

Para simplificar as amarrações das paredes é indicado que o comprimento e a largura sejam iguais ou múltiplos, porém quando não é possível atender essa condição é indicado o uso de blocos com medidas especiais.

Com base nos materiais disponíveis nesta região, e com a análise para atender a modulação serão utilizados blocos de concreto da família 14x29.

O lançamento das paredes foi feito com base no projeto arquitetônico, dessa forma, o programa corrige os espaços utilizando juntas ou pastilhas, sendo essas juntas muitas vezes maiores que a espessura máxima permitida por norma, conforme a figura 33.

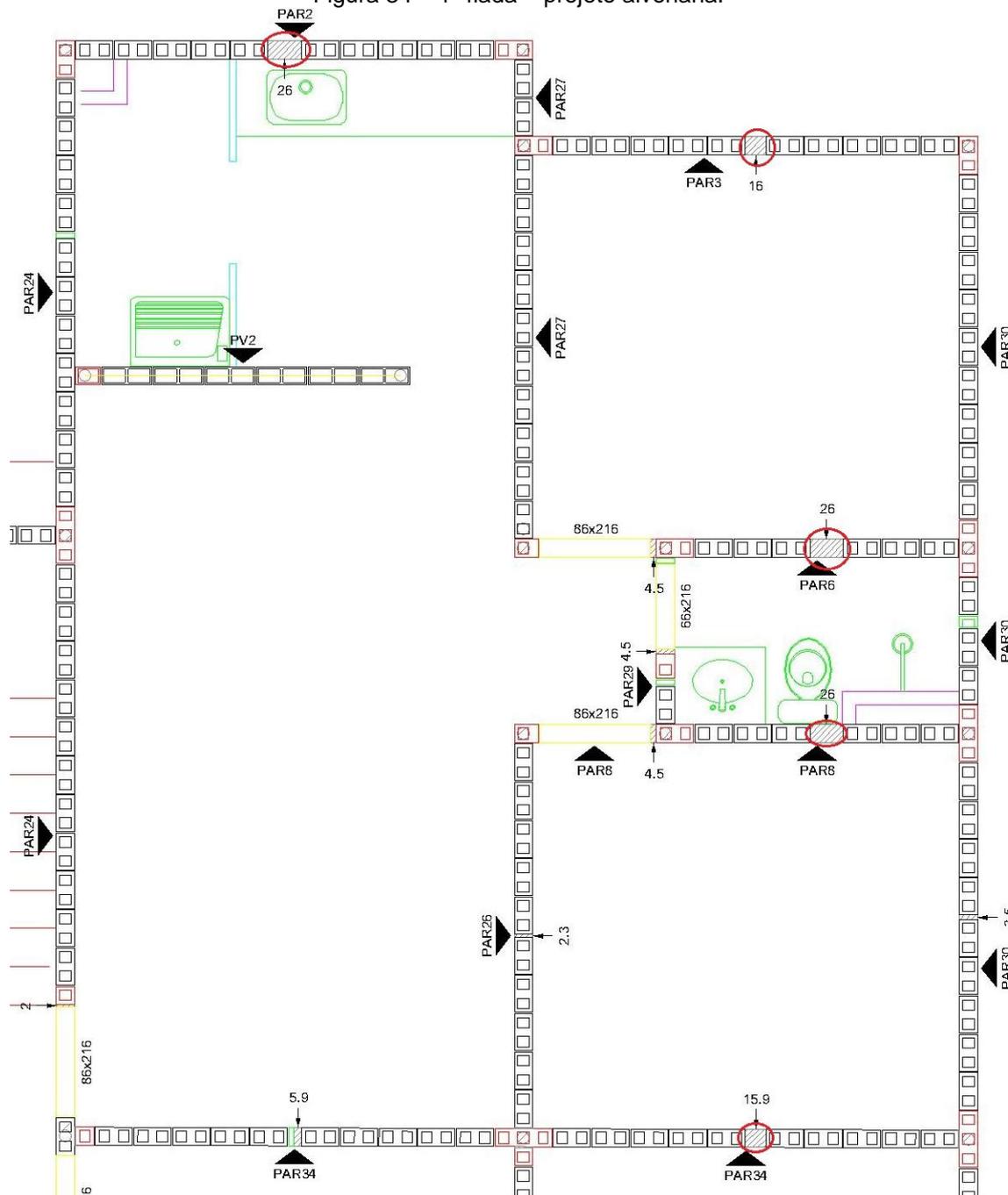


Fonte: Autora, 2017.

As juntas criadas para enchimento nessas paredes são de 26 cm, valor este maior que o permitido pela ABNT NBR 15916-1 (2011).

Além de ser maior que o valor máximo permitido pela norma, esses enchimentos podem levar a parede a trabalhar isoladamente, o que influencia no custo do conjunto e na racionalização da obra. Na figura 34 é possível ver a modulação completa de um dos apartamentos onde se tem várias outras juntas.

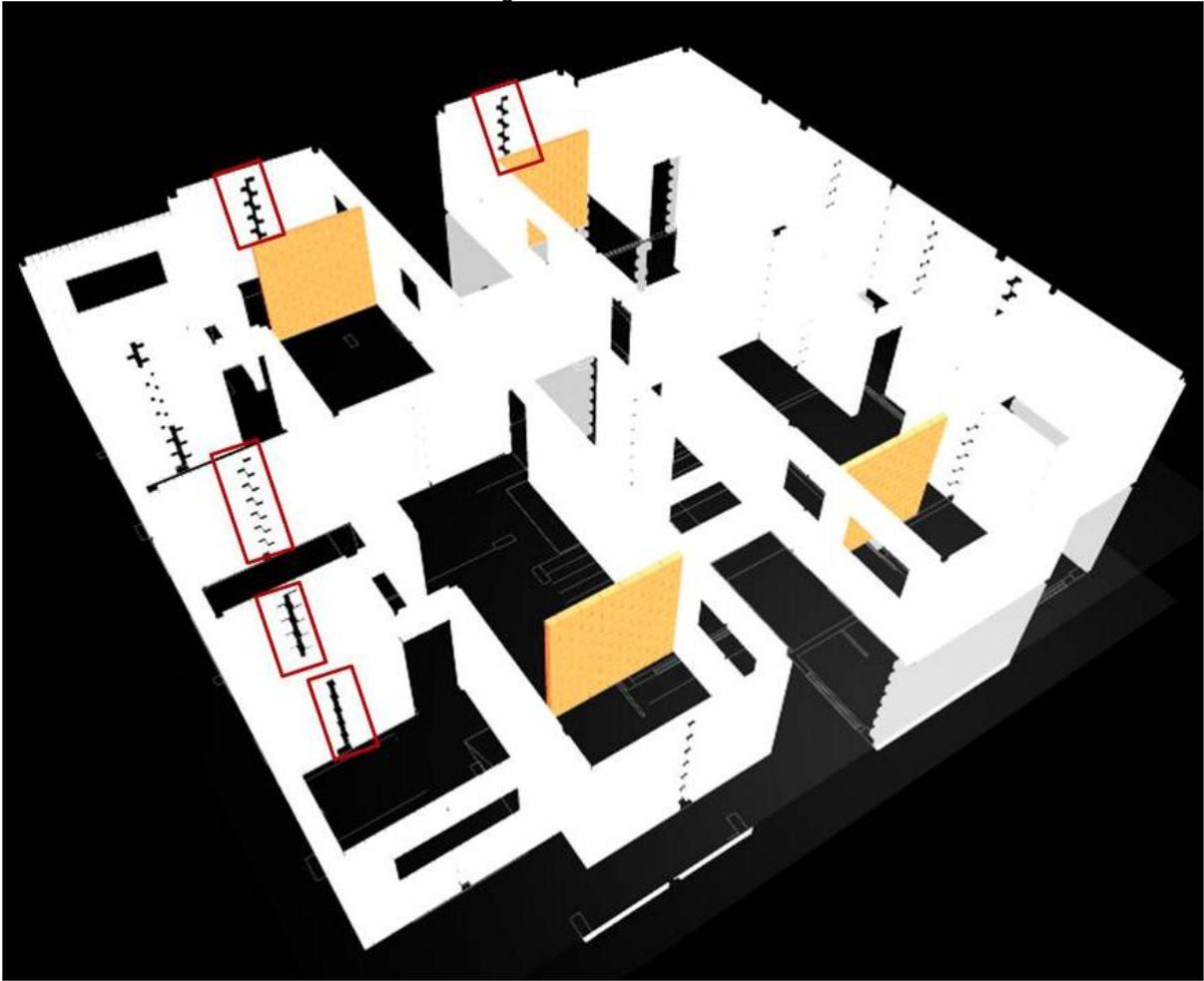
Figura 34 – 1ª fiada – projeto alvenaria.



Fonte: Autora, 2017.

Na figura 35 tem-se a visão geral 3D, nela é possível ver a quantidade de juntas maiores que o permitido pela norma, o que tornaria esse projeto inviável.

Figura 35 – Vista 3D.

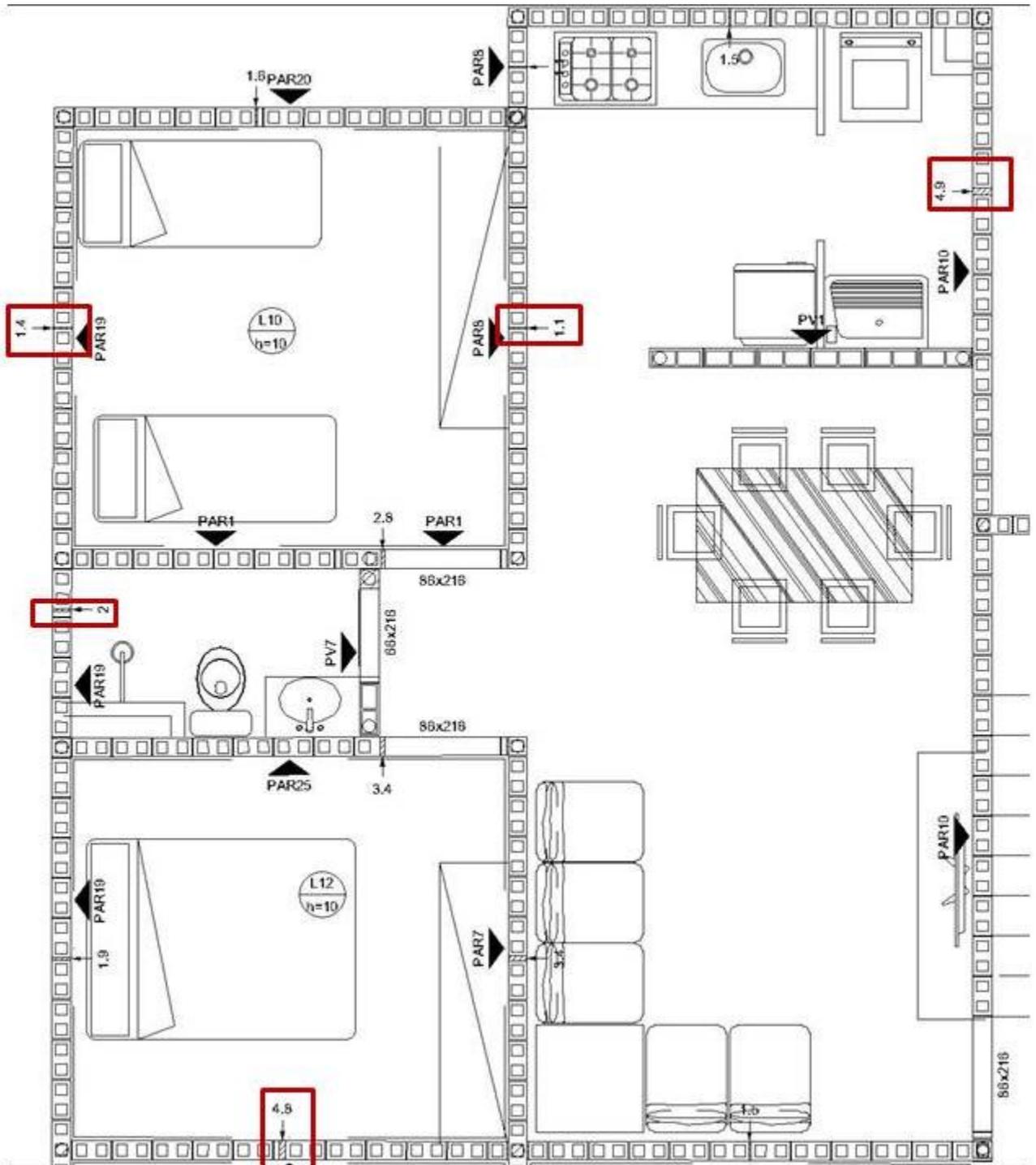


Fonte: Autora, 2017.

Portanto visando minimizar o uso de enchimentos elevados foi realizado as adequações ao projeto arquitetônico, onde foi feito os ajustes das medidas, definindo uma nova modulação.

Essas adequações podem ser realizadas no próprio QiAlvenaria, sem que haja necessidade de migrar para um outro programa, pois ele permite fazer alterações no projeto arquitetônico para corrigir as medidas dos vãos, fazendo com que se diminua o tamanho das juntas, conforme a figura 36.

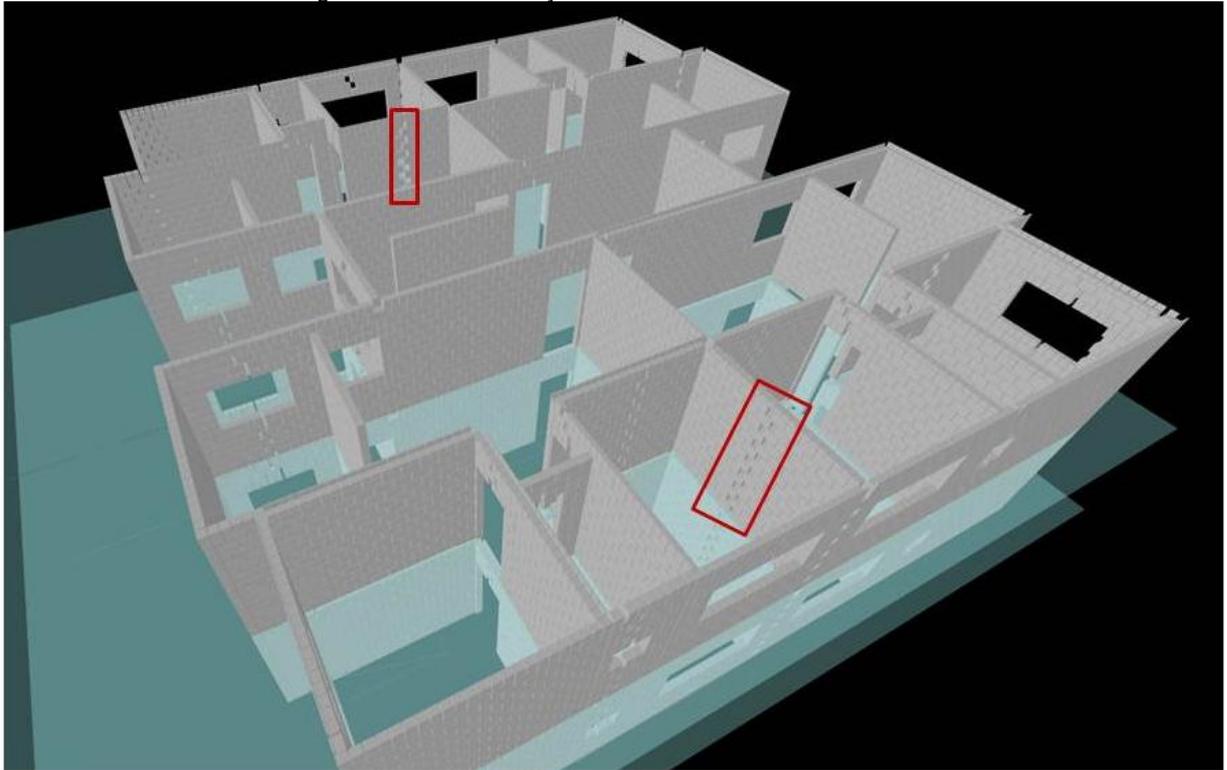
Figura 36 – Nova modulação – 1ª fiada de um apartamento.



Fonte: Autora, 2017.

Mesmo após a correção da modulação ainda existem algumas juntas. Após a otimização da arquitetura é possível notar a diferença através da visualização 3D (figura 37), com ela é possível perceber que diminuiu a quantidade de juntas e o tamanho das juntas.

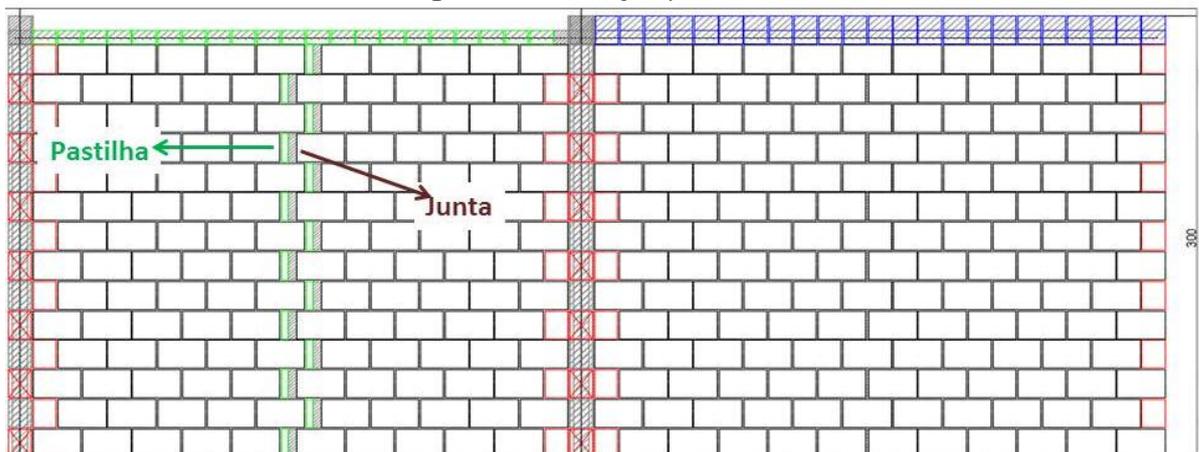
Figura 37 – Visualização 3D com novas dimensões.



Fonte: Autora, 2017.

Na figura 38, é possível ver a elevação da parede 27. Ela possui pastilhas de 4 cm mais as juntas, isso ocorre quando há necessidade de adaptações, ou seja, quando a medida não é múltipla de 15 ou 20cm.

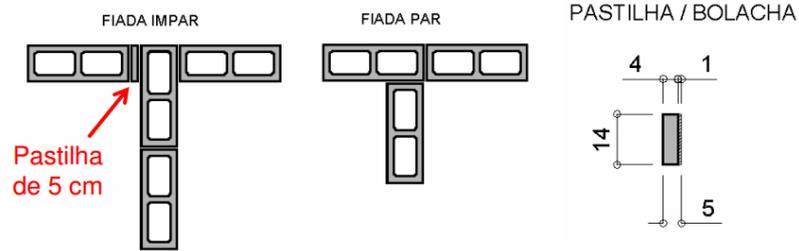
Figura 38 – Elevação parede 27.



Fonte: Autora, 2017.

A pastilha, também conhecida como bolacha, serve para fechar meio bloco quando colocada ao lado de um bloco com espessura de 14 cm, ou seja, tem-se um bloco de 14 cm mais 4cm da pastilha mais 1cm de junta. Quando o ajuste é maior que 4 cm, é necessário executar a modulação deixando espaços vazios, onde depois serão preenchidos com graute.

Figura 39 – Exemplo de pastilha ou bolacha.

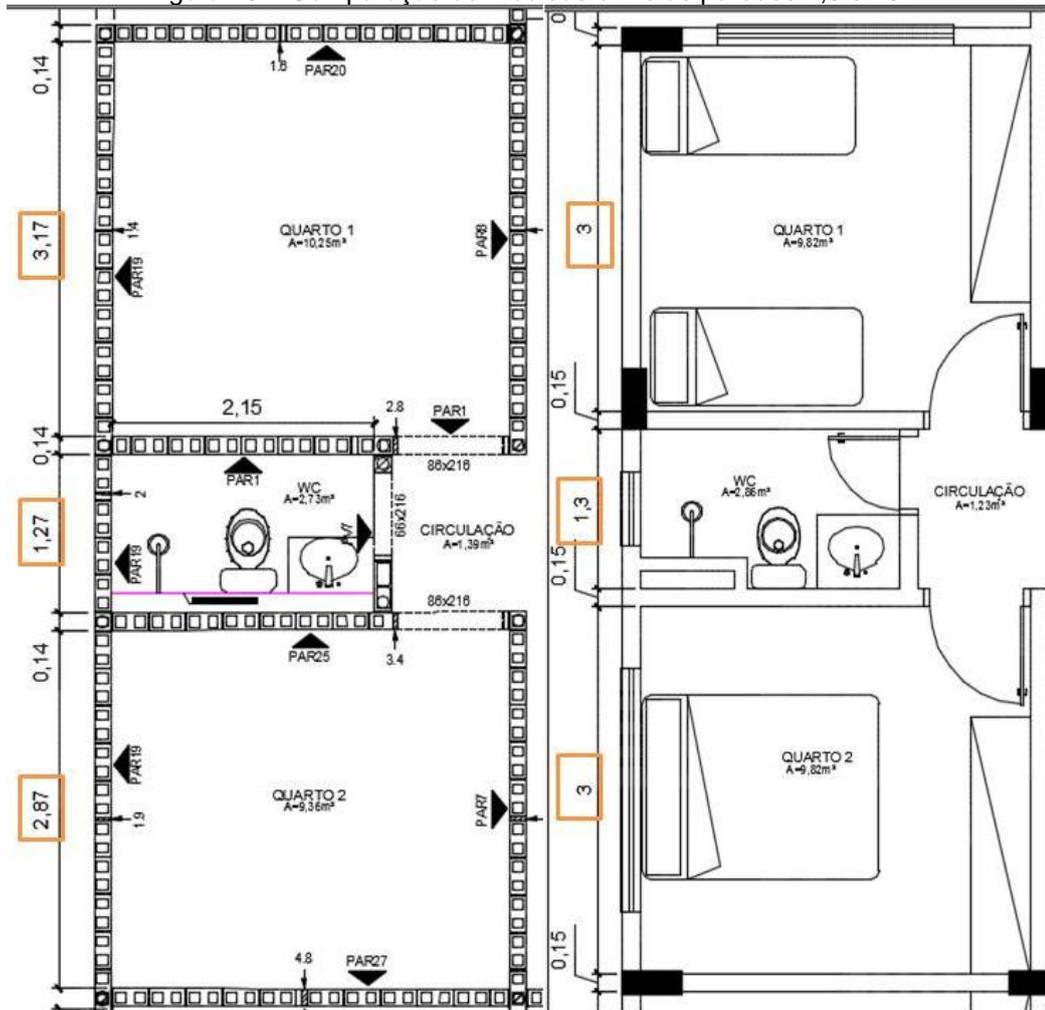


Fonte: Freitas Jr., 2013.

4.1.2.1 Alterações do projeto arquitetônico

Após a modulação houve adequações de algumas medidas, para garantir que o sistema cumprisse com o sua proposta, de ser um sistema racionalizado. Sendo assim, na figura 40, 41 e 42 é possível comparar o projeto arquitetônico, com as medidas originais, e o projeto de alvenaria estrutural, com as suas novas dimensões.

Figura 40 – Comparação de medidas entre as paredes 7,8 e 19.



Fonte: Autora, 2017.

Na tabela 3 é possível ver a comparação entre as medidas antigas e as novas.

Tabela 3 – Alterações para modulação.

Alterações arquitetônicas				
LOCAL	Dimensões (m)		Áreas (m ²)	
	Antigas	Novas	Antigas	Novas
Quarto 1	3,30x3,00	3,23x3,17	9,82	10,25
Quarto 2	3,30x3,00	3,23x2,87	9,82	9,36
WC	2,20x1,30	2,15x1,27	2,86	2,73
Cozinha	3,40x2,40	3,32x2,40	5,19	5,17
Sala Jantar	3,40x2,65	3,32x2,77	9,00	9,16
Sala Estar	3,40x3,10	3,32x3,03	10,67	10,06
Hall Escada	3,15x1,20	3,23x1,20	3,78	3,86

Fonte: Autora, 2017.

4.2 Estudo das instalações

4.2.1 Instalações elétricas

As tubulações devem sempre caminhar na vertical, sem recortes nas horizontais para a interligação dos pontos, sendo indicado a passagem dos eletrodutos horizontais pela laje.

As instalações das caixas elétricas foram feitas após a elevação. Os pontos por onde passar o eletroduto foram marcados e posteriormente o bloco será cortado e feito o chumbamento da caixa.

No caso das instalações em alvenaria convencional é permitido recortes na horizontal, neste caso as instalações são feitas após o termino da alvenaria, como na figura 43, isso porque a carga da estrutura não é absorvida pelas paredes e sim pelas lajes, vigas, pilares e fundações, ou seja, as paredes não tem função estrutural.

Figura 43 – Caixa elétrica fixada em alvenaria sem função estrutural.



Fonte: Equipe de obra, 2013.

Os recortes feitos para essas instalações no sistema convencional geram muito desperdício de serviço, material e acúmulo de entulho, sendo isso uma desvantagem.

A passagem dos eletrodutos pelas lajes foram realizadas após a concretagem, onde eles serão fixados a laje por meio de abraçadeiras de metal e cobertos posteriormente pelo forro.

Figura 44 – Passagem dos eletrodutos pela laje.

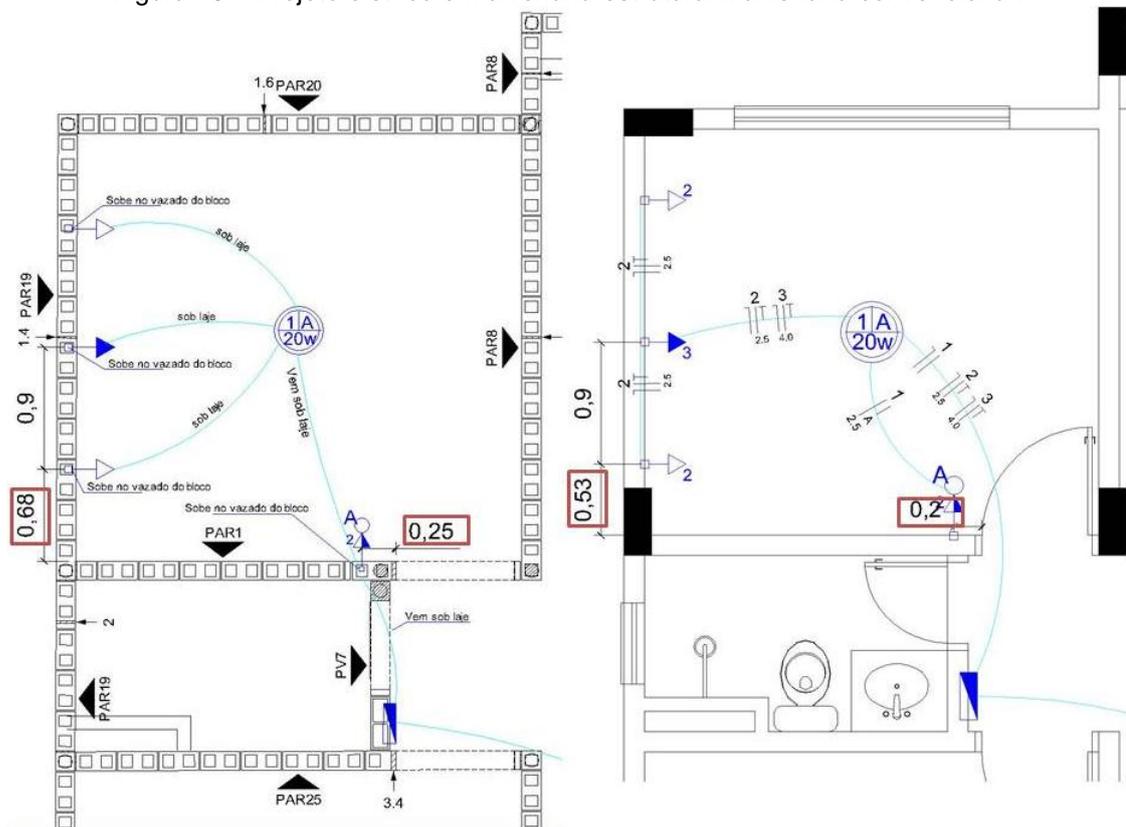


Fonte: Equipe de obra, 2013.

4.2.1.1 Adequações entre os projetos de instalações elétricas

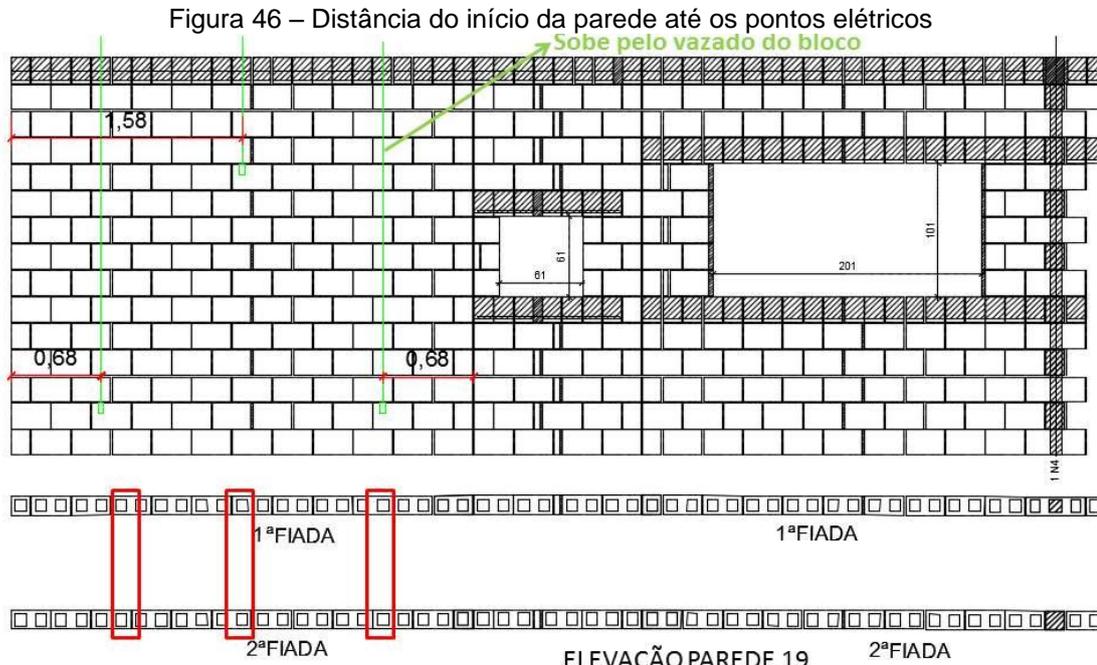
Para adequar o projeto elétrico do quarto 1 foi necessário mudar a posição dos pontos do projeto elétrico convencional. Os pontos continuaram na mesma parede, porém sofreram alterações na distância para que se passassem pelos vazios dos blocos, conforme a figura 45.

Figura 45 – Projeto elétrico em alvenaria estrutural x alvenaria convencional.



Fonte: Autora, 2017.

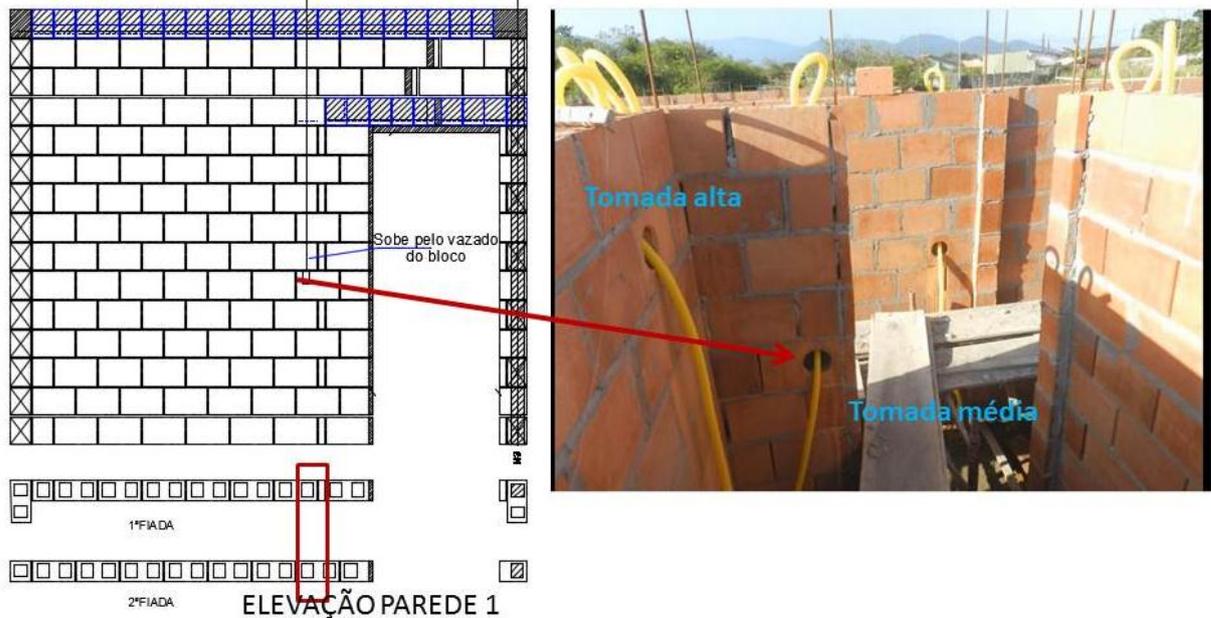
Em relação à alvenaria convencional, o ponto das tomadas baixas, na alvenaria estrutural, tiveram que se distanciar 15cm do ponto inicial. Já a tomada do interruptor distanciou mais 5cm, podendo ser conferidas suas novas distâncias na figura 46.



Fonte: Autora, 2017.

Os eletrodutos das tomadas subiram pelo vazado dos blocos, conforme a figura 47, já os demais eletrodutos passaram sob a laje.

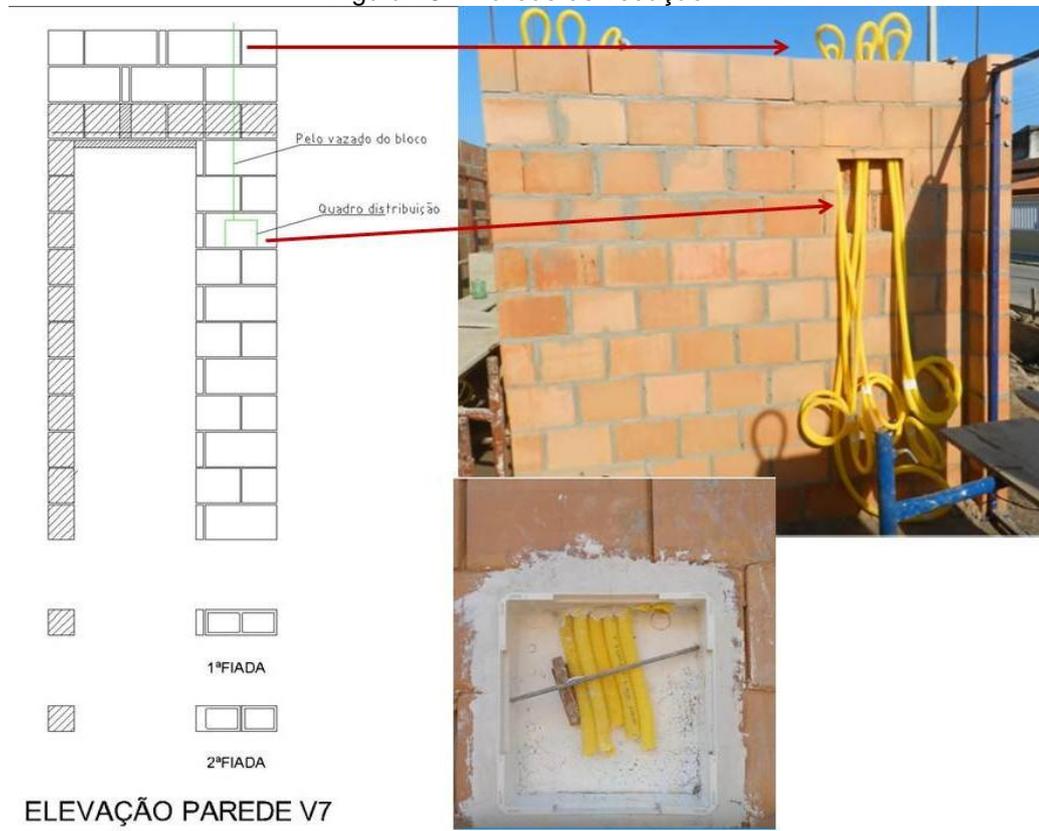
Figura 47 – Exemplo passagem dos eletrodutos em tomada média e alta.



Fonte: Autora, 2017.

A parede em que está locado o quadro de distribuição é uma parede de vedação, conforme a figura 48. Os eletrodutos chegam pelo vazado do bloco e sobem até a laje para a distribuição para os outros pontos.

Figura 48 – Parede de vedação 7.



Fonte: Autora, 2017.

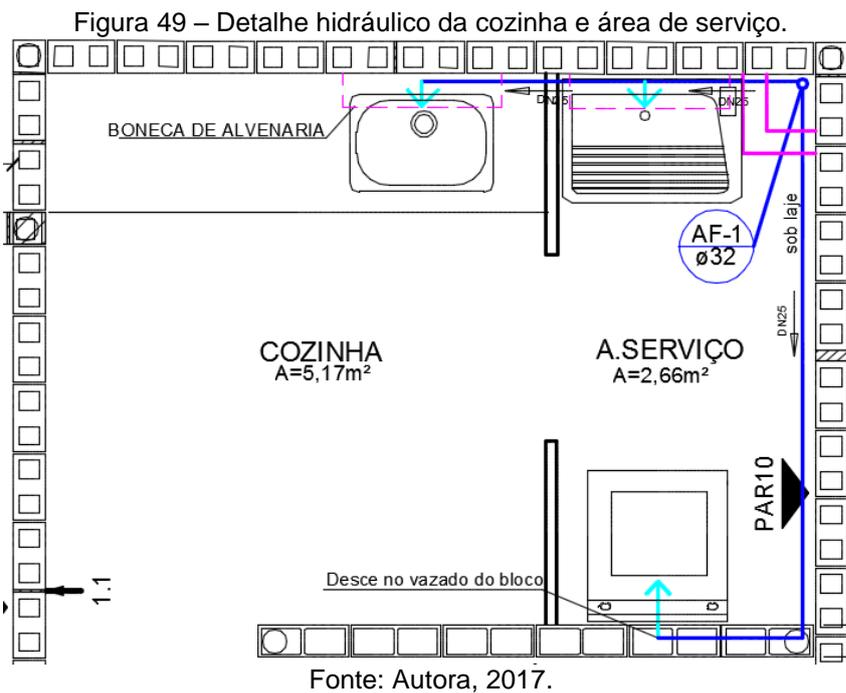
4.2.2 Instalações hidrossanitárias

Segundo a ABNT NBR 10837 (1989) não é permitido, dentro das paredes com função estrutural, a passagem de tubulações que conduzam fluídos.

Embutir as tubulações hidrossanitárias nas paredes estruturais, não é recomendado devido a possibilidade de vazamentos, por isso a passagem das tubulações serão feitas através de shafts, pois o QiAlvenaria não permite locar blocos manualmente, ou seja não é possível colocar blocos especiais para a passagem dessas tubulações.

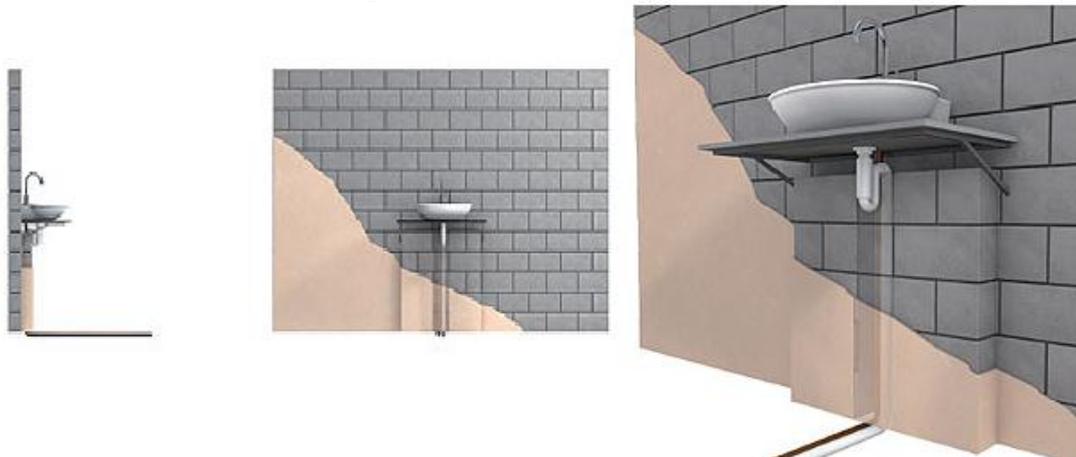
4.2.2.1 Adequações entre os projetos de instalações hidrossanitárias

Para a ligação da área de serviço e cozinha, a tubulação chega através de um shaft, seguindo em direção à cozinha, por uma sanca rente ao chão, e para a alimentação do tanque ela segue sob a laje, conforme a figura 49.



Para a cozinha, a solução adotada foi deixar a tubulação hidráulica externa a parede estrutural, assim a passagem da tubulação foi feita por uma pequena elevação de uma parede de vedação, conforme a figura 50. Essa parede é conhecida como boneca de alvenaria.

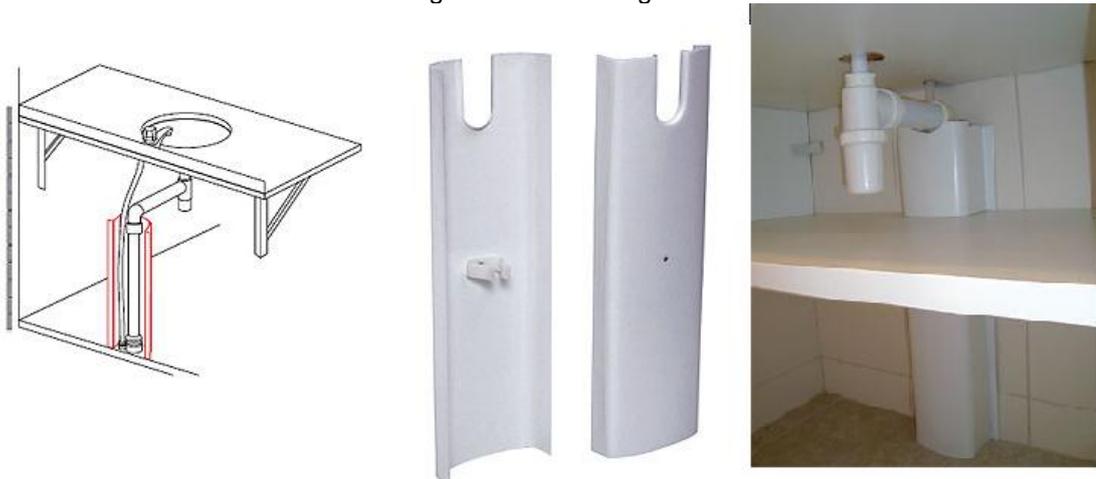
Figura 50 – Boneca de alvenaria.



Fonte: Equipe de obra, 2011.

Além da boneca também existe uma carenagem plástica com a mesma finalidade, ou seja, esconder as tubulações aparentes, conforme a figura 51. Essa garra prende a carenagem à tubulação de esgoto, deixando-a presa contra a parede.

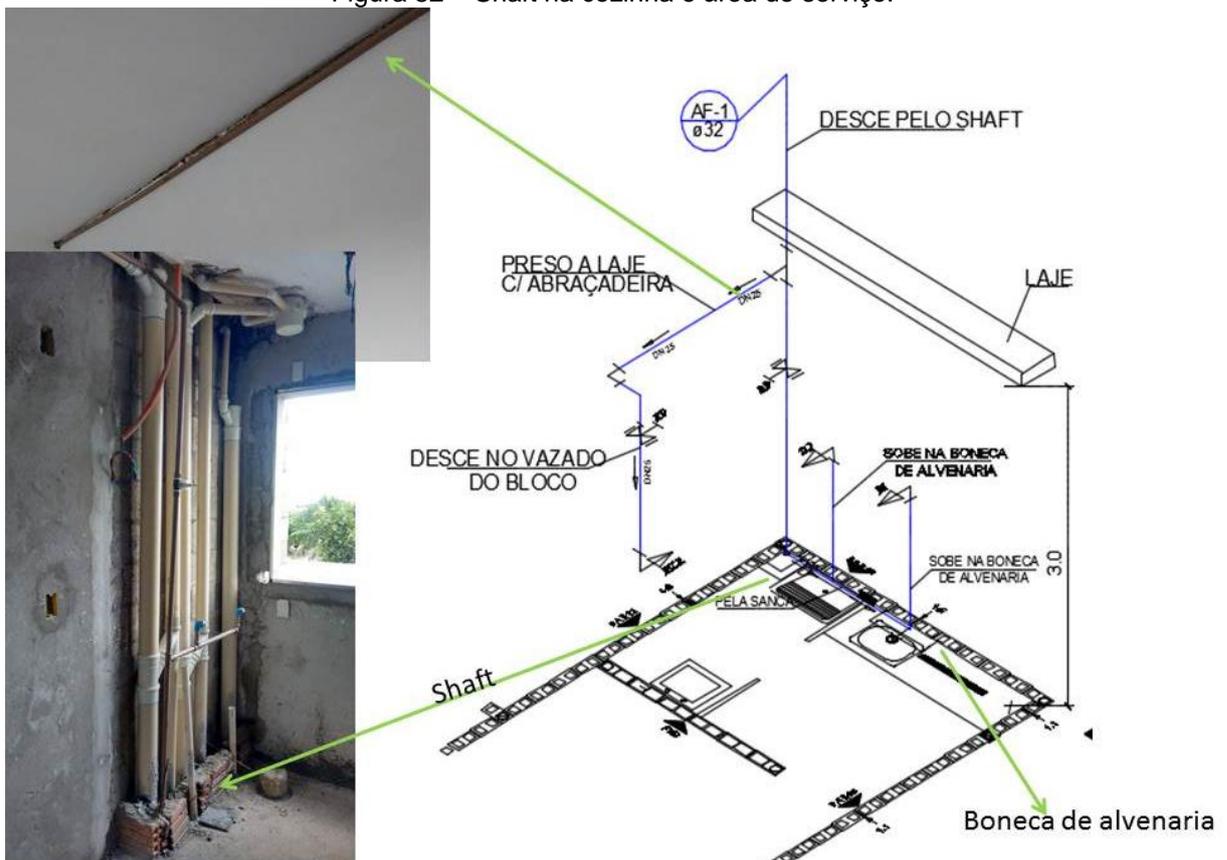
Figura 51 – Carenagem.



Fonte: Equipe de obra, 2011.

Na figura 52 tem se o detalhe isométrico hidráulico da cozinha e da área de serviço.

Figura 52 – Shaft na cozinha e área de serviço.



Fonte: Autora, 2017.

É indicado o uso de kit hidráulico-sanitário pré montado, pois de acordo com Carvalho Jr. (2015) o uso desses kits chegam a reduzir cerca de 15% no custo final, tendo como finalidade racionalizar e otimizar a execução das instalações, minimizando desperdícios e reduzindo mão de obra.

Figura 53 – Kit pré montado.



Fonte: Equipe de obra, 2014.

No caso da alvenaria convencional a tubulação horizontal pode sair do shaft direto até o ponto de utilização por meio de recortes nos blocos, conforme a figura 54, em que foi interrompido a parede para que seja feita a passagem das tubulações, sendo este um shaft interno.

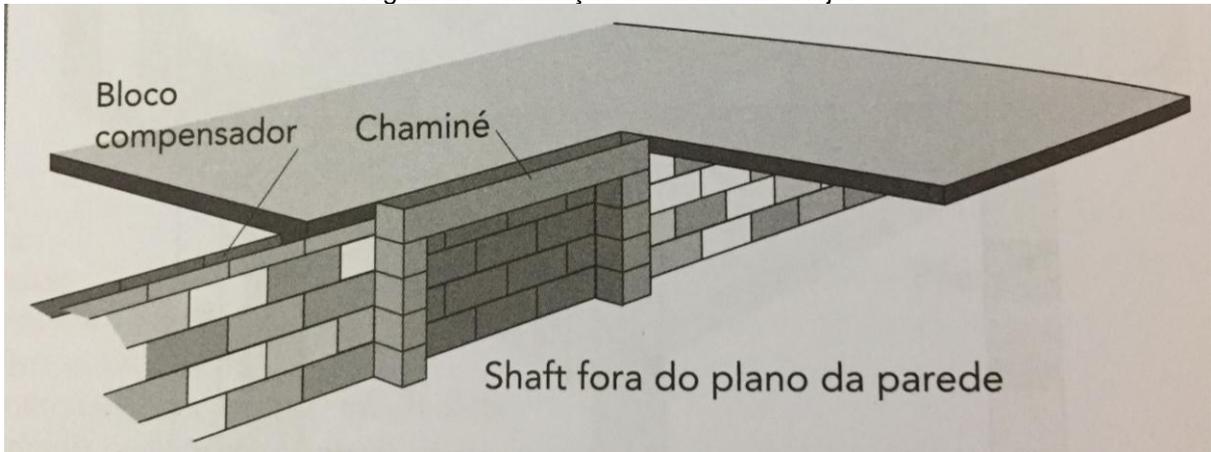
Figura 54 – Shaft interno em alvenaria convencional.



Fonte: Comunidade da construção, 2004.

A interação do shaft com a laje, para a passagem das tubulações pela laje, é feita através de uma abertura conhecida como “chaminé” que possui a mesma dimensão do shaft, como pode ser visto na figura 55.

Figura 55 – Interação do shaft com a laje.



Fonte: Carvalho Jr., 2015.

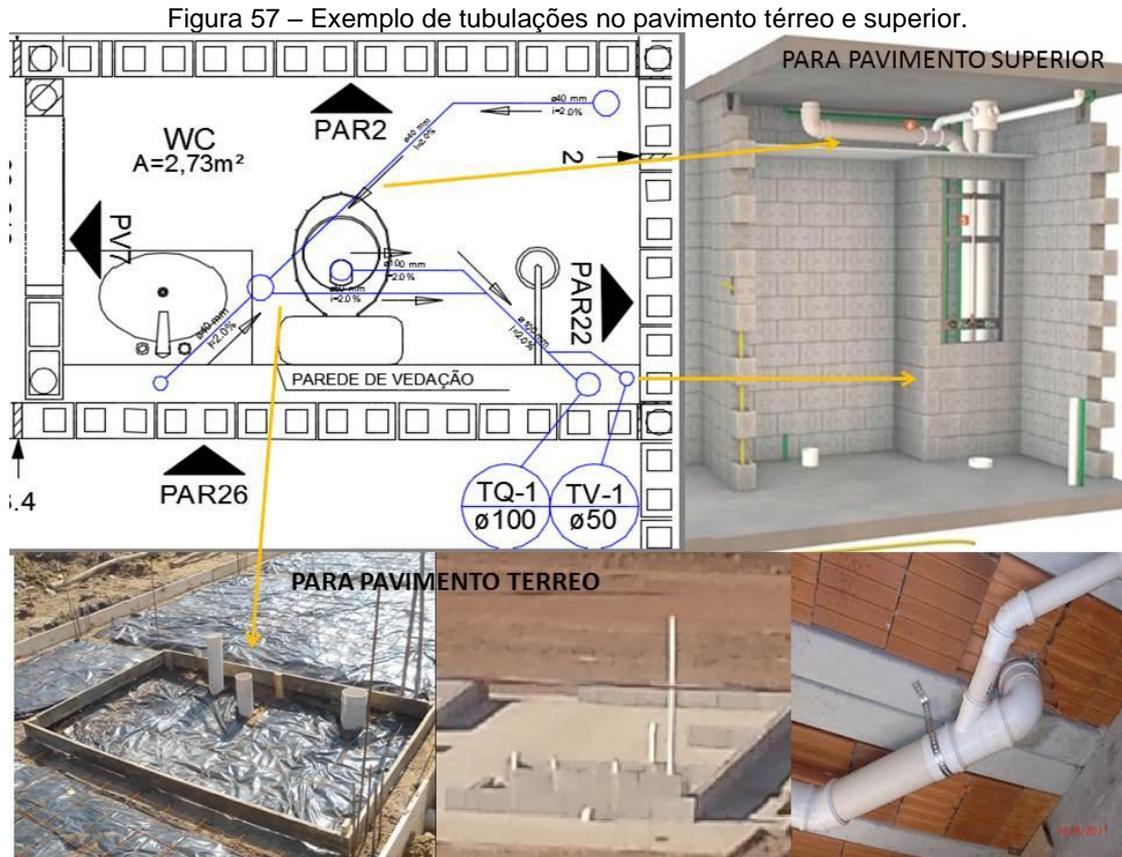
A tubulação de esgoto secundário e hidráulica atravessou a laje de piso e fez suas conexões acima do forro, conforme a figura 56.

Figura 56 – Tubulações de esgoto e hidráulica sob a laje.



Fonte: Comunidade da construção, 2004.

Na figura 57 tem-se o trajeto da tubulação de esgoto e exemplos de como será feita a passagem das tubulações de esgoto do pavimento superior e do pavimento térreo.



Fonte: Autora, 2017.

Diferente da alvenaria estrutural, no sistema construtivo convencional as paredes apenas fecham os vãos entre pilares e vigas, por isso neste caso as tubulações hidráulicas podem ser embutidas nas paredes por meio de rasgos, como na figura 58.

Figura 58 – Exemplo de tubulação hidráulica em alvenaria convencional.



Fonte: Heriplan, 2004.

No caso do banheiro, a solução adotada também foi o uso de uma parede de vedação, porém neste caso ela não será uma boneca, e sim uma parede hidráulica,

pois ela é mais alta. Na figura 59 temos o exemplo de tubulações externas à parede estrutural.

Figura 59 – Tubulações externas a parede.



Fonte: Santos, 1998.

Os problemas encontrados e as soluções adotadas para a correção, podem ser vistos na tabela 4.

Tabela 4 – Incompatibilidades e adequações.

PROJETO DE INSTALAÇÕES				
LOCAL	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	IMPACTOS NO PROJETO DE ALVENARIA	ADEQUAÇÕES CORRETIVAS	
HIDROSSANITÁRIO	Cozinha	Tubulações por dentro da parede	NBR 10837/89 não permite passagem de tubulações pelas paredes	Foi criada uma parede de vedação baixa, também conhecida como boneca de alvenaria
	Banheiro	Tubulações por dentro da parede	NBR 10837/89 não permite passagem de tubulações pelas paredes	Foi criada uma parede de vedação, que permite a passagem da tubulação
ELÉTRICO	Quarto 1	Recortes para passagem de eletroduto	Não é permitido recortes para a passagem de eletrodutos pois prejudica a resistência da parede	Ligações horizontais feitas pela laje e eletrodutos verticais passam pelo vazado do bloco

Fonte: Autora, 2017.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente estudo teve como intuito elaborar o projeto de alvenaria estrutural e realizar a compatibilização entre os projetos arquitetônicos e complementares de um edifício com habitações de interesse social de dois pavimentos.

O edifício proposto foi um edifício com dois pavimentos de oito apartamentos, quatro em cada pavimento, onde foram realizadas às adequações do projeto arquitetônico para que pudessem atender as necessidades impostas pela alvenaria estrutural. Depois das adequações realizadas, foi elaborado o projeto de alvenaria estrutural, utilizando o QiAlvenaria, que fornece as plantas das fiadas, as vistas das elevações das paredes e a visualização 3D, conforme seguem no anexo.

A análise dos projetos complementares foi executada após a modulação, ou seja, após as adequações das medidas dos vãos, onde foram realizadas alterações nas distancias dos pontos dos projetos elétricos e hidráulicos, para garantir que estes passassem pelo vazado dos blocos. Em relação ao projeto sanitário foi necessário fazer alterações na distribuição dos ramais, e também criar uma parede de vedação, ou seja, uma parede apenas com função hidráulica para que pudesse passar os tubos de queda e as tubulações horizontais, essa solução também foi adotada para o projeto hidráulico.

Através deste trabalho, pode-se concluir que as verificações das incompatibilidades é fundamental, pois a alvenaria estrutural é um sistema complexo que exige grande atenção por não permitir recortes nos blocos. As inadequações podem gerar conflitos capazes de inviabilizar tecnicamente ou economicamente determinado serviço, por isso é importante à adequação do projeto arquitetônico, pois a alvenaria estrutural tem restrições diferentes da alvenaria convencional.

Recomenda-se para trabalhos futuros o estudo da compatibilização entre projetos de alvenaria estrutural e projetos utilizando steel frame. Também é recomendado fazer uma análise dos problemas causados devido incompatibilidades, principalmente em relação ao impacto financeiro, ou até mesmo um comparativo orçamentário da alvenaria estrutural em relação a outro sistema construtivo.

6 REFERÊNCIAS

- ABIKO, Alex Kenya. **Introdução à gestão habitacional**. São Carlos: EPUSP, 1995. 31 p. Disponível em:<
http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00012.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2016.
- ACCETTI, Kristiane Mattar. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria**. São Carlos: USP, 1998. 247 p.
- ALEXANDRE, Ilídio Francisco. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural: uma análise da relação de causa e efeito**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 171 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028**: informação e documentação: resumo: apresentação. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria - requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7171**: blocos cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7173**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural. Rio de Janeiro, 1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837**: cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-1**: Alvenaria estrutural: blocos de concreto. Rio de Janeiro, 2010.
- BALEM, Amanda Forgiarini. **Vantagens da compatibilização de projetos na engenharia civil aliada ao uso da metodologia BIM**. Santa Maria: UFSM, 2015. 76 p.
- BORTOLOTTI, Mariana Cristina. **Compatibilização de projetos de uma habitação**: Verificação de incompatibilidades no sistema de projeção 2D e na modelagem 3D. Florianópolis: UFSC, 2014. 112 p.
- BORTOLUZZO, Christiano Wood. **Contribuição ao estudo do comportamento mecânico dos revestimentos de argamassa**. São Carlos: EESC, 2000.
- BOTEGA, Leonardo da Rocha. A política habitacional no Brasil (1930-1990). **Revista virtual acadêmica da FALS**. Santa Maria, n.2, mar. 2008. Disponível em:<
<http://www.fals.com.br/revela5/politicahabitacional>>. Acesso em: 03 set. 2016.

CALLEGARI, Simara; BARTH, Fernando. **Análise da compatibilização de projetos em um edifício residencial multifamiliar em Florianópolis**. Santa Catarina: UFSC, 2007. 7 p.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solteira - SP: UNESP, 2006. 48 p.

CARVALHO JR instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura

CAVALHEIRO, Odilon Pancaro. Alvenaria estrutural: Tão antiga e tão atual. **Net**, Santa Maria, 1998. Disponível em:<
<http://www.ceramicapalmadeouro.com.br/downloads/cavalheiro1>>. Acesso em: 30 Ago. 2016.

Comunidade da construção, Projetos complementares. Disponível em:<
<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/projetos-complementares/projeto/8/projetos-complementares.html>>. Acesso em: 27 Mar. 2017.

Equipe de obra, Instalação elétrica em alvenaria. Disponível em:<
<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/55/artigo275585-3.aspx>>. Acesso em: 27 Mar. 2017.

FILHO, Washigton Bastos da Silva. **Compatibilização e engenharia simultânea no processo de projetos de engenharia civil**. 2010. Dissertação. – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

FONSECA, Fábio Braga da. **Desempenho estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto de agregados reciclados de rejeitos de construção e demolição**. São Carlos: EESC, 2002. 141 p.

FONTAN, Eugênio. **Find and select in ArchiCad: Manage your project**. Disponível em:< <http://www.weareenzyme.com/find-and-select-in-archicad-manage-your-project/>>. Acesso em: 16 de Mar. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-povo/caracteristicas-da-populacao.html>>. Acesso em: 13 out. 2016.

JÚNIOR, Flávio Helena. **Contribuição para o projeto de edifícios em alvenaria estrutural**. São Paulo: USJT, 2012. 98 p.

JUNIOR, Orlando Alves dos Santos. et al. **O sistema Nacional de desenvolvimento urbano: avanços e limites para a descentralização dos canais de participação**. Santa Maria, 2007. 18 p.

LEGGERINI, Maria Regina Costa; KALIL, Silvia Baptista. **Estruturas mistas**. Porto Alegre: PUCRS, 2007. 54 p.

MELHADO, Silvio Burrattino. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. São Paulo, 2001. 235p.

MIKALDO JR., Jorge; SCHEER, Sergio. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: Qual é a melhor solução?**. VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na construção de edifícios. Curitiba, 2007. 6p.

NASCIMENTO, Otávio Luiz do. **Alvenarias**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS, 2004. 54 p. Disponível em:< <https://edificacoes.files.wordpress.com/2009/12/5-mat-alvenaria-ii>>. Acesso em: 08 out. 2016.

NOLETO, Murilo. **ArchiCad uma escolha pertinente**. Disponível em:<<http://noletoblog.blogspot.com.br/2011/10/archicad-uma-escolha-pertinente.html>>. Acesso em: 16 Mar. 2017.

PARSEKIAN, Guilherme Aris. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. São Carlos: EdUFSCAR, 2012. 85 p.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2003. 169 p.

RAUBER, Felipe Claus. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. Santa Maria: UFSM, 2005. 96 p.

REIS, Antônio Tarcísio da Luz; LAY, Maria Cristina Dias. O projeto da habitação de interesse social e a sustentabilidade social. **Net**, Porto Alegre, n.3, 2010. Disponível em:< http://www.sinduscon-rio.com.br/doc/proj_hab>. Acesso em: 28 ago. 2016.

SOUSA JR, Almir M.; MAIA, Clivia Corina L. L.; CORREIO, Priscilliane R. **Compatibilização de projeto arquitetônico, estrutural e sanitário: Uma abordagem teórica e estudo de caso**. *Revista do centro de ciências naturais e exatas*, Santa Maria, v.14, n.2, mar. 2014.

SANTOS, Marcus Daniel Friederich dos. **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: Contribuição ao uso**. Santa Maria: UFSM, 1998. 130 p.

SOLIBRI. **Solibri Model Checker: A solução completa para a análise BIM**. Disponível em:< <https://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/>>. Acesso em: 16 Mar. 2017.

SOUZA, Angela CRISTINA A. G. de. **Análise comparativa de custos de alternativas tecnológicas para construção de habitações populares**. Recife: UNICAP, 2009. Disponível em:<http://www.unicap.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=46>. Acesso em: 28/08/2016.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2010. 183p.

TAVARES JR, W.; POSSAMAI, O.; BARROS NETOS, J. P., Um modelo de compatibilização de projetos de edificação baseado na engenharia simultânea e FMEA. In: Workshop Nacional de Gestão de Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2. **Anais..** Porto Alegre: PUCRS, 2002. 9p.

TEIXEIRA, Edvanio; PARISENTI, Ronaldo; BANKI, André Luiz; MORI, Robson; MOHR, Micheli. **Documentação técnica – QiAlvenaria**. Florianópolis: AltoQi, 2015. 146 p.

VIANA, Raquel de Mattos; SANTOS, Maria Aparecida Sales Souza. **Déficit habitacional no Brasil 2013: Resultados preliminares**. Belo Horizonte: FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2015. Disponível em:<
<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/deficit-habitacional/596-nota-tecnica-deficit-habitacional-2013normalizadarevisada/file>>. Acesso em: 05 set. 2016.