

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

DANIEL SOARES FRANÇA

**Do *wood frame* às paredes maciças de concreto:
adaptação de um conceito construtivo adotado nos
USA, comparando um modelo adaptado em alvenaria
estrutural às paredes de concreto armado moldadas
no local usadas no Brasil.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

UBERLÂNDIA

2019

DANIEL SOARES FRANÇA

**Do *wood frame* às paredes maciças de concreto:
adaptação de um conceito construtivo adotado nos
USA, comparando um modelo adaptado em alvenaria
estrutural às paredes de concreto armado moldadas
no local usadas no Brasil.**

Trabalho de conclusão de Curso do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Antônio de Paulo Peruzzi

UBERLÂNDIA

2019

“A persistência é o caminho do êxito”.

– Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Livia e Belmiro e a minha irmã Júlia por apoiarem meu sonho, e possibilitar a sua realização de todas as maneiras possíveis. Agradeço aos meus padrinhos Paulo Henrique e Luiz Humberto e minhas madrinhas Teresinha e Marcela por me apoiarem e facilitarem a minha jornada.

Sou grato também ao restante da minha família que sempre me apoiou para que essa etapa fosse concluída com excelência.

Gratifico todos os professores que tive em minha vida, desde o ensino fundamental até o superior, os quais me inspiraram a escolher o curso de engenharia civil, em especial ao meu professor orientador Antônio Peruzzi, pela solicitude, por todo apoio, correções e incentivo durante toda a minha jornada acadêmica.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia pelo suporte como instituição de ensino, bem como à Faculdade de Engenharia Civil que me possibilitou adquirir conhecimentos de valor inestimável. Devo também agradecimentos à Construção Soluções em Engenharia e Arquitetura pelo meu crescimento como pessoa e como profissional.

E a todos que diretamente e indiretamente fizeram parte da minha formação.

RESUMO

Um dos principais fatores de retrabalho, geração de resíduos e baixa qualidade na construção civil é a baixa racionalização e industrialização dos processos construtivos mais difundidos atualmente no Brasil. Assim, novos sistemas vêm para trazer um padrão construtivo de maior qualidade com preços competitivos, tornando a racionalização e a industrialização cada vez mais presentes no planejamento de uma obra. O emprego da otimização dos processos, racionalização e industrialização são a saída para aumentar a qualidade do serviço e também reduzir o índice homem.hora/m², consequentemente diminuir o prazo das construções, o desperdício e o custo final. Este trabalho busca avaliar a aplicação desses processos altamente racionalizáveis e industrializáveis no Brasil, tendo em vista o histórico dessa prática e a comparação tecnológica de dois sistemas construtivos, alvenaria estrutural, proposto por outro autor e paredes de concreto moldadas “*in loco*”, enfoque desse, para uma residência padrão de um condomínio horizontal residencial de classe média, com índices de produtividade espelhados no sistema americano e com tecnologia nacional.

Palavras-chaves: industrialização, racionalização, otimização, produtividade, paredes de concreto, construção civil.

ABSTRACT

One of the main factors of rework, waste generation and low quality in the construction industry and the low rationalization and industrialization of the most widespread construction processes currently in Brazil. Thus, new systems come to bring a higher quality constructive standard with competitive prices. This makes rationalization and industrialization more and more present in the planning of a work. The use of optimization of processes, rationalization and industrialization are the output to increase the quality of the service and also decrease the man.hour / m² index, consequently reducing construction time, waste and final expenditure. This work tries to evaluate the application of these highly rationalizable and industrializable processes in Brazil, considering the history of this practice and the technological comparison of two construction systems, structural masonry, proposed by another author and molded concrete walls “in loco”, focus of this, for a standard residence of a middle-class residential condominium with productivity indexes mirrored in the American system and with national technology.

Key-words: *industrialization, rationalization, optimization, productivity, concrete walls, civil construction.*

Sumário

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	9
2.1 GERAL	9
2.2 ESPECÍFICOS	9
3 JUSTIFICATIVA	10
4. A CULTURA NA INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	11
4.1. INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO NOS USA (WOOD FRAME)	11
4.2. INDUSTRIALIZAÇÃO NO BRASIL.....	13
4.2.1. Alvenaria Estrutural	13
4.2.2. Paredes de Concreto Moldadas in loco.....	14
4.3. COMPARAÇÃO E APLICAÇÃO.....	17
5 DEFINIÇÃO DO LAYOUT PADRÃO	18
5.1 LAYOUT PADRAO ALVENARIA ESTRUTURAL	19
5.2 ADAPTAÇÃO DO LAYOUT PADÃO AO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO.....	26
5.2.1 O TERRENO E A DISPOSIÇÃO DAS ÁREAS.....	27
5.2.2 A EDIFICAÇÃO (SEM PERSONALIZAÇÕES).....	27
5.2.3 A EDIFICAÇÃO UNILATERALMENTE GEMINADA	37
6 OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS.....	40
6.1 FUNDAÇÃO	41
6.2 PAREDES DE CONCRETO.....	41
6.2.1 CONCRETO.....	43

6.2.2 JUNTAS DE TRABALHO	45
6.2.3 FÔRMAS	46
6.2.4 ESCORAMENTO	47
6.2.5 ARMADURA.....	48
6.2.6 CONCRETAGEM	49
6.3 LAJE.....	51
6.4 ESCADA.....	51
6.5 COBERTURA.....	53
6.6 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	54
6.7 CONSTRUÇÃO EM GERAL	56
7 ESTIMATIVA DE CUSTO DO LAYOUT PADRÃO	58
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

Pode-se definir método industrial como sendo aquele que, entre as várias modalidades de produção, é baseado essencialmente em processos de natureza repetitiva e nos quais a variabilidade incontável e casual de cada fase de trabalho, que caracteriza as ações artesanais, é substituída por graus pré-determinados de uniformidade e continuidade executiva, característica das modalidades operacionais parcial ou totalmente mecanizadas (Blachere, 1977).

Seus elementos determinantes são a repetição e a organização. A primeira, de caráter essencialmente tecnológico, decorre de uma ação estabilizante dos processos de produção e a segunda, de caráter econômico-administrativo, decorre principalmente de ações de controle. Assim sendo, pode-se dizer que o produto industrializado é o elemento de uma série não casual de produção (RIBEIRO, 2002).

A industrialização da construção está associada à necessidade da integração. Constantemente nota-se que a construção funcionava de forma dissociada, com suas fases interagindo sem coordenação entre si. Entre essas fases existiam incompreensões, falta de informações, mal-entendidos, tudo colaborando para que ocorram essas perdas de tempo, erros e repetições, situações incompatíveis com qualquer processo de industrialização (RIBEIRO, 2002).

Países como Estados Unidos e Alemanha trazem em suas raízes a racionalização e a industrialização em seus processos construtivos, sendo que a sua evolução histórica está diretamente ligada com a cultura e a disseminação entre a população da ideia de que quanto mais industrializado o processo, maior é a qualidade do produto e mais rápida é a sua produção. Porém, no Brasil, a história traz consigo a dificuldade de se manter métodos mais industrializáveis e menos artesanais na construção civil, de forma que, a implantação de tecnologia proveniente de países mais desenvolvidos, nesse aspecto, encontram barreiras culturais e paradigmas que insistem em se posicionar contra as mudanças.

Com isso, surge a necessidade de adaptar a industrialização às maneiras de construir mais aceitas pela maioria da população. Nesse contexto eclodem os sistemas de alvenaria estrutural com blocos de concreto e de paredes de concreto moldadas no local que ao serem estudadas se mostram de grande valia para a construção. Nessa mesma

linha, foi possível observar o impulso dado a essas novas tecnologias com a implantação de programas habitacionais do governo federal, porém, limitadas apenas às classes mais baixas, não atendendo à classe média. Para esta, mais estudos devem ser feitos para que o preconceito acerca de novos métodos construtivos se disperse, para que novas ideias se vinculem às técnicas racionais e de industrialização.

Nesse trabalho, foi usado para efeito de comparação o layout proposto no trabalho de conclusão de curso “Projeto de um loteamento horizontal residencial com alto índice de produtividade” de RAMOS (2018), para ser realizada uma adaptação mais visualmente efetiva entre os sistemas de alvenaria estrutural e paredes de concreto moldadas no local, oferecendo assim, uma nova alternativa ao modelo já desenvolvido, para melhor adaptar à norma ABNT NBR 16055 de paredes de concreto moldadas no local, para construção de edificações, com primeira edição no ano de 2012.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

O objetivo desse trabalho é desenvolver o layout de um “produto edificação” aplicando processos construtivos com alto grau de racionalização e industrialização para obter um elevado índice de produtividade inspirado no modelo americano adaptado às realidades brasileiras (clima, cultura, etc.).

2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar o histórico da industrialização na construção civil no Brasil e compará-lo com o dos Estados Unidos para entender as diferenças de aplicação de cada modelo e as suas influências culturais;
- Analisar um projeto de um produto edificação, cujo layout permite a inclusão de módulos pré-definidos ao layout padrão, com alto grau de industrialização e racionalização pré-concebido em alvenaria estrutural e adaptá-lo para o sistema de paredes de concreto.

3 JUSTIFICATIVA

Há na construção civil, diferentes formas de construir habitações e em cada local do mundo um sistema construtivo se sobressai. Nos Estados Unidos, por exemplo, há um elevado número de construções em *wood frame*, sistema construtivo para edificações de pequeno porte como as residenciais, que são industrializadas e com altíssimos níveis de produtividade. A mentalidade da terceirização dos processos, a industrialização, o trabalho com materiais pré-fabricados e a customização no “mais tardar” do produto são alguns dos fatores que proporcionam esses altos índices. No Brasil, o sistema construtivo mais comum é o de estrutura concreto armado com alvenaria de vedação em blocos cerâmicos, conhecido como sistema convencional. É uma prática que, além de ter baixa industrialização, gera uma elevada quantidade de resíduos e impacta no retrabalho e má qualidade de serviços, além de ser um sistema que acarreta mais imprevistos e dispêndio de tempo de obra.

A utilização de técnicas não racionalizadas demanda alta quantidade homem.hora/m², levando o Brasil a ter um dos maiores índices do mundo. Quando comparado aos Estados Unidos, o Brasil possui em média uma produtividade cerca de 7 vezes menor, além de um prazo para licenciamento 2 vezes maior (MELLO, DE AMORIM, 2009). É necessário, portanto, entender porque há essa diferença cultural, já que a industrialização da construção se mostra uma prática vantajosa tanto para quem constrói quanto para o usuário final. Para isso, é necessário estudar os históricos tanto do processo de industrialização da construção nos EUA (*wood frame*) quanto no Brasil e compará-los para entender a cultura em cada país e adaptar a “industriabilidade” do setor de construção à nossa realidade.

Além disso, a análise de maneiras mais adaptáveis da industrialização para o Brasil (alvenaria estrutural e paredes de concreto) deve ser feita, comparando-as para entender quais são as limitações e principais mudanças quando se opta por um ou outro método.

4. A CULTURA NA INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

4.1. INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO NOS EUA (caso **WOOD FRAME**)

O sistema construtivo *wood frame* tem historicamente uma conexão direta com as estruturas de madeira utilizadas inicialmente com elementos de maior seção, que consistia na construção de uma estrutura em caibros e barrotes de madeira, usualmente conectados por espigões, cunhas e entalhes. Os espaços entre os elementos de madeira, encaixados entre si em posições horizontais, verticais ou inclinadas, eram preenchidos por argamassa e pedras ou tijolos. Em vários países, os elementos estruturais em madeira ficavam expostos no exterior, passando a ser um traço característico da sua arquitetura. No final da Idade Média, o sistema era bastante usado, sendo estas, nas suas principais origens, conhecidas como: *colombage* ou *construction a pan de bois*, em francês (BENOÎT; PARADIS, 2007); *fachwerk*, em alemão (KOLB, 2008); *half-timber* ou *black-and-white*, em inglês (HARRIS, 2013). No Brasil, este método tornou-se conhecido por enxaimel. A Figura 1 representa esse tipo de construção.



Figura 1 – Exemplo de utilização do método enxaimel para vedação vertical
Fonte: Archtrends Portobello (2018)

As técnicas aplicadas nesse tipo de estrutura em madeira são conhecidas há milhares de anos e têm sido utilizadas em muitos pontos do mundo e em variadas épocas, como no antigo Japão, e na Europa medieval. Muitas dessas técnicas eram comuns à construção de navios, cujos os conhecimentos e perícia dos marceneiros da época eram fundamentais.

Com a colonização da América, os povos do norte da Europa levaram consigo os seus conhecimentos de marcenaria e carpintaria tendo à sua disposição abundantes recursos florestais. Cidades inteiras eram construídas com estruturas em madeira, usando

elementos de grande secção. No final do Século XVIII, a Revolução Industrial trouxe novos meios de produção massificada resultando na proliferação de serrações que forneciam perfis de madeira em formatos padronizados. Pregos e parafusos metálicos passaram a ser usados como conectores, substituindo os métodos de encaixe que exigiam uma mão de obra especializada. Novos métodos de construção surgiram para melhorar o processo de produção e para deixar as estruturas mais leves.

O sistema balão – *balloon frame* – é considerado o pioneiro entre as estruturas leves em madeira. Afirma-se que sua primeira construção comprovada foi a igreja católica St. Mary em 1832/1833 na cidade de Chicago, nos Estados Unidos. Há uma controvérsia com respeito ao seu criador. Autores dividem-se entre Augustine Desdat Taylor e George Washington Snow, com mais evidências apontadas para o segundo (SPRAGUE, 1981). Esse sistema foi popular enquanto a madeira era um recurso abundante, mas passou a ser substituído pelo método conhecido por *platform framing*, designação que descreve a atual forma de construir com estrutura em madeira, ou *wood framing* ilustrada pela Figura 2.



Figura 2 – Exemplo de utilização do método wood frame atualmente
Fonte: Escola Engenharia (2019)

Disponível no Brasil há poucos anos, esse sistema ainda é pouco disseminado, sendo mais usado, sobretudo em regiões com boa oferta de madeira reflorestada, como o Paraná e o Espírito Santo (SOUZA, 2013).

A dificuldade de visualizar a madeira como solução interessante para a construção de residências nas cidades brasileiras não deixa de ser paradoxal. A indústria de reflorestamento nacional é uma das mais competitivas no mundo, e ainda, há

disponibilidade de áreas para reflorestamento praticamente do Oiapoque ao Chuí (TECHNE, 2009).

4.2. INDUSTRIALIZAÇÃO NO BRASIL

4.2.1. Alvenaria Estrutural

A história brasileira registra que a técnica da utilização da taipa, chegou aqui nos primórdios da colonização, difundiu-se largamente para as construções de prédios, nas quais a durabilidade era a maior exigência. Porém, para se conseguir a rigidez necessária, era requerida uma elevada espessura das paredes, possibilitando então a evolução para a estrutura de pau-a-pique, na qual não se necessita uma espessura tão alta (ABCI, 1990).

Segundo ABCI (1990), as cidades se modernizavam (principalmente São Paulo) e exigiam que as edificações acompanhassem esta modernização, pois a preocupação com o tempo e a capacidade de incorporar outros elementos à estrutura, ganhava força. Em 1875 o código de posturas paulistano proibia as construções de ranchos de palha, capim ou sapé, abrindo caminho para o desenvolvimento do bloco de argila. KATO (1990) cita que os tijolos eram concebidos na dimensão exata do trabalho manual do pedreiro e a largura era de aproximadamente 15 cm, partindo-se daí para a relação de largura igual à metade do comprimento. Posteriormente, na década de 40, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) aprovou normas fixando a produção de tijolos de barro cozido com dimensões de 5,5cm x 11cm x 22cm respectivamente espessura, largura e comprimento.

ROMAN (1996), diz que a década de 70 é marcada pelo surgimento da moderna alvenaria estrutural, com a construção de edificações habitacionais, notadamente em São Paulo, onde dezenas de prédios com doze e até dezesseis pavimentos foram construídos.

Em dezembro de 1977 o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), fundado em 1972, realizou um colóquio reunindo os principais projetistas, calculistas, fabricantes de blocos e construtoras dedicados ao assunto. A temática foi abrangente, com artigos que cobriam tópicos relativos às produções de blocos, controle de qualidade, normalização, processo construtivo, métodos de dimensionamento, entre outros (SÁNCHEZ, 1994). Cabe ressaltar o intenso desenvolvimento da tecnologia de blocos de concreto na mesma época, fazendo com que nos anos 80 a mesma postura fosse adotada pelo setor

cerâmico, sentindo a necessidade de se modernizar e recuperar o terreno perdido para os blocos de concreto, firmando-se convênios entre várias entidades, como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), com objetivo de desenvolvimento de novos produtos e elaboração de textos normativos.

No campo das pesquisas, diversas dissertações de mestrado e artigos foram publicados nos anos 80, possibilitando análise crítica de casos específicos e fornecendo subsídios para uma normalização brasileira em todos os segmentos do sistema de alvenaria estrutural (SANCHÉZ, 1994).

Na década de 90, observou-se uma maior disseminação do sistema em alvenaria estrutural pelo país e posteriormente, com o lançamento do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) do Governo Federal em 2009, houve um uso maior desse tipo de sistema construtivo que ainda é ofuscado pelo sistema convencional.

4.2.2. Paredes de Concreto Moldadas in loco

Segundo Sacht, Rossignolo e Bueno (2011), na década de 80, a extinção do Banco Nacional de Habitação (BNH) foi o ponto de partida para a busca por sistemas inovadores, em que as construtoras buscavam novas tecnologias a fim de racionalizar a produção, otimizar as atividades e minimizar os custos de execução. Atendendo a esses requisitos, destacou-se o sistema de paredes de concreto moldadas in loco.

Em 1980 a empresa Gethal, fundada em 1946 em Caxias do Sul, desenvolveu a tecnologia de Paredes e Lajes em Concreto Celular moldadas no local, produto que demonstrou ser melhor tecnicamente e de menor custo comparado ao concreto convencional e ao sistema tradicional até então utilizado (MACÊDO, 2016). O sistema de fôrmas utilizado pela Gethal é mostrado pela Figura 3.



*Figura 3 – Sistema de fôrmas utilizado pela Gethal
Fonte: Gethal (2016)*

Na mesma época, uma empresa francesa Outinord utilizava sistema de paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em formato de túnel que permitiam a concretagem simultânea de paredes e lajes, conforme Figura 4. Essa tecnologia foi importada para o Brasil, na tentativa de implantá-la, mas não houve sucesso.

Os sistemas (Gethal e Outinord) mostravam visão diferenciada da industrialização da construção.

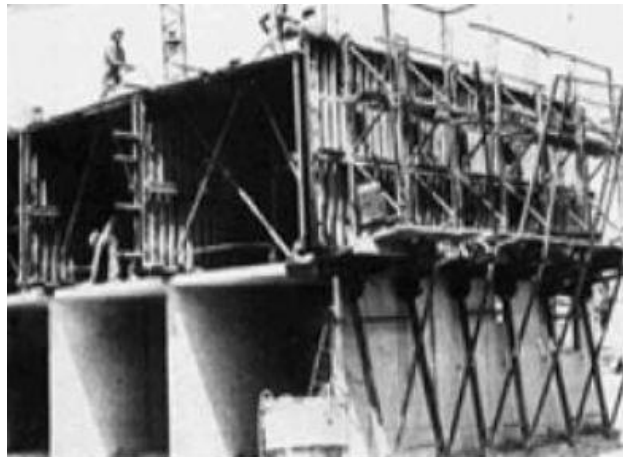


*Figura 4 – Sistema de paredes de concreto utilizado pela Outinord
Fonte: Braguim (2013)*

Não foi possível dar continuidade por falta de incentivo econômico no país. Havia fragilidades no sistema financeiro e pouca flexibilidade do método de paredes de concreto (BRAGUIM, 2013).

A empresa Rodobens Negócios Imobiliários locou em 2006, os primeiros jogos de fôrma de plástico para a construção do primeiro condomínio residencial com o sistema construtivo de paredes de concreto do Brasil. Com a tecnologia sendo efetivamente implantada no país, em 2007, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) juntamente com a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (ABESC) e o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS) tinham o objetivo de criar um texto pré-normativo para nortear as obras que já utilizavam o sistema, descrevendo procedimentos executivos e cálculo para edifícios em parede de concreto de até cinco pavimentos. Com isso, começaram a realizar pesquisas e tomaram como base edificações em outros países onde o sistema de paredes de concreto moldadas no local era consolidado e bem-sucedido. Outro produto dessa iniciativa foi a criação do Grupo Paredes de Concreto com a participação de projetistas estruturais, professores de universidades e outros profissionais da cadeia produtiva (BRAGUIM, 2013).

As inspirações mais conhecidas para o processo e que foram utilizadas como pesquisa, vêm de países com características bem parecidas com o Brasil, como a Colômbia, México e Chile, onde obras de grande magnitude já haviam sido construídas, tais como conjuntos residenciais no México, edifícios de até 20 pavimentos da Inpar e Sergus em sistema Outinord e edifícios de até 25 pavimentos na Colômbia (ABCP, 2007). Segundo NUNES (2011), esses países utilizam o sistema de paredes de concreto por se tratar de um sistema estrutural monolítico, característica essencial para garantir a estabilidade das edificações, por se tratarem de áreas que sofrem frequentemente com abalos sísmicos.

Quando chegou ao Brasil, as paredes de concreto eram projetadas e construídas sem função estrutural, pois ainda não haviam estudos suficientes e confiáveis referentes a seu uso como elemento estrutural. Atualmente, com a publicação da norma (ABNT NBR 16055:2012) e maior familiarização dos engenheiros estruturais, as paredes de concreto são armadas e exercem essa função (NUNES, 2011).

Em 2009 o Governo Federal brasileiro criou o programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), programa social com o objetivo de reduzir o déficit habitacional do país, tornou-se um importante impulsionador do crescimento do sistema construtivo de paredes de concreto desde a sua criação até os dias atuais, uma vez que o grande número de unidades construídas requer um sistema construtivo cada vez mais industrializado, a qual paredes de concreto se encaixam perfeitamente (BRAGUIM, 2013).

Atualmente, grandes empresas como a MRV estão migrando a tecnologia utilizada na industrialização de empreendimentos imobiliários de moradias populares de alvenaria estrutural para as paredes de concreto, visto que a última tem crescido no mercado e, conseqüentemente, se tornando mais acessível.

4.3. COMPARAÇÃO E APLICAÇÃO

É possível perceber que o fator cultural está fortemente associado à dificuldade de industrialização da construção no Brasil, visto que processos altamente eficazes como o *wood frame* ainda sofrem para serem implantados com mais abrangência. O preconceito do mercado imobiliário em relação às construções não convencionais aparenta ser o maior entrave para o crescimento dessa técnica.

A produtividade na construção civil fica aquém daquela obtida em outros setores industriais, como a siderurgia, a própria construção civil de grande porte e extração de petróleo. O setor de construção civil brasileiro dispõe de diversas tecnologias avançadas, mas que têm o seu emprego e difusão ampla e eficiente dificultados por uma inércia que conduz os agentes envolvidos no projeto, na incorporação e na própria construção com os métodos executivos mais tradicionais que, têm menor grau de tecnologia incorporado. O sistema construtivo considerado convencional apresenta vários pontos negativos quando comparado com sistemas industrializáveis, mas, mesmo assim, continua sendo o mais utilizado. Porém, felizmente, várias pesquisas estão surgindo e cada vez mais a adaptação desses modelos vêm tomando o devido espaço.

De acordo com a Fundação Getúlio Vargas (2017), o déficit habitacional brasileiro no ano de 2017 era de 7,78 milhões de domicílios, mostrando um aumento de 7% em dez anos, esse número tem como base a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), do IBGE. O programa do governo Minha Casa Minha Vida (MCMV) para financiamento de habitações de interesse social é uma das principais medidas adotadas para combater esse déficit habitacional, principalmente para famílias de baixa renda e também com opções para famílias com renda mensal de até R\$ 9.000,00 (CAIXA, 2017). Na divisão das classes sociais em A, B, C, D e E, por faixas de salário-mínimo, o programa MCMV abrange totalmente as classes D e E, mas, além de possuir crédito instável, não abrange totalmente a classe C e não abrange a classe B. O valor máximo do imóvel também é limitado dependendo da região do Brasil.

O programa MCMV é um dos maiores influenciadores da utilização de métodos construtivos com maior índice de produtividade e industrialização no Brasil, porém, como visto, sabe-se que a classe média, que em grande parte é locatária, não é o principal alvo desse tipo de programa de habitação. As opções subsequentes de financiamento de um imóvel utilizando recursos criados pelo governo para as classes seguintes, em especial a classe média, são: Pró-Cotista, SFH e SFI, as quais se diferenciam entre si em alguns aspectos, entre eles taxa de juros, utilização do FGTS, crédito imobiliário, renda bruta familiar e valor do imóvel. Ainda, existem outras opções de financiamento que o mercado proporciona, que quando não instáveis, possuem juros mais elevados.

Assim, a competitividade do mercado e o limite do valor do imóvel dos programas de financiamento para classe média citados são mais um incentivo para as empresas aumentarem o foco nas peculiaridades e restrições que impedem o desenvolvimento e otimização da construção civil, tais como: baixa eficiência produtiva, qualidade e produtividade insatisfatória, pouco afeito a modificações, utilização da mão de obra de baixa qualificação e alta rotatividade de pessoal. Em síntese, a otimização dos processos proporciona um imóvel com uma qualidade melhor pelo mesmo preço ou um imóvel com mesma qualidade e custo menor (MELLO, 2007).

Dessa maneira, para que processos mais industriais permeiem ainda mais a construção civil no Brasil, tendo em vista o padrão exigido pela classe média, verifica-se a necessidade de melhores investimentos em programas que abranjam esse nicho.

5 DEFINIÇÃO DO LAYOUT PADRÃO

Para estudar as maneiras mais utilizadas para industrializar a construção civil, atualmente, foi necessário fazer um modelo padrão de projeto para que quando comparadas, as diferenças na utilização das técnicas se mostrem mais evidentes. Portanto, baseando-se no trabalho “Projeto de um loteamento horizontal residencial com alto índice de produtividade” (RAMOS, 2018), que compara os métodos construtivos de *wood frame* e alvenaria estrutural, foi possível adaptá-los às técnicas do sistema de paredes de concreto.

5.1 LAYOUT PADRÃO ALVENARIA ESTRUTURAL

Para o estudo da adaptação do modelo construtivo americano para o Brasil, utilizou-se como base o trabalho de conclusão de curso proposto por RAMOS (2018), no qual foi realizada uma comparação entre as residências americanas projetadas em *wood frame* e o estilo brasileiro de alvenaria estrutural, possibilitando a adaptação. Nesse foi feita a planta baixa padrão de uma residência, tendo como público alvo a classe média (C). O projeto consistia em uma edificação estilo sobrado com dois pavimentos em alvenaria estrutural, cujo layout permite a inclusão de módulos pré-definidos ao padrão, com alto grau de industrialização.

Com a definição do público alvo, RAMOS (2018) seguiu os seguintes critérios: três quartos, sendo uma suíte com closet e dois quartos que compartilham um único banheiro, um lavabo sob a escada, escritório/sala de armazenamento, área de serviço, área de churrasco e garagem para dois carros. Optou, também, por definir alguns critérios em relação aos aspectos construtivos para, além de otimizar todos os processos, torná-los também suscetível a customizações para atender às particularidades de cada cliente. Entre eles ressaltam-se as paredes internas em *drywall*, instalações hidráulicas concentradas em sua maioria na mesma região da casa, paredes sem instalações hidráulicas em seu interior com uso de shaft, instalações elétricas, quando possível, nas paredes internas e o máximo de coincidência entre paredes do andar superior e inferior. As Figuras 5 e 6 apresentam o layout definido por RAMOS (2018) (medidas em metros).

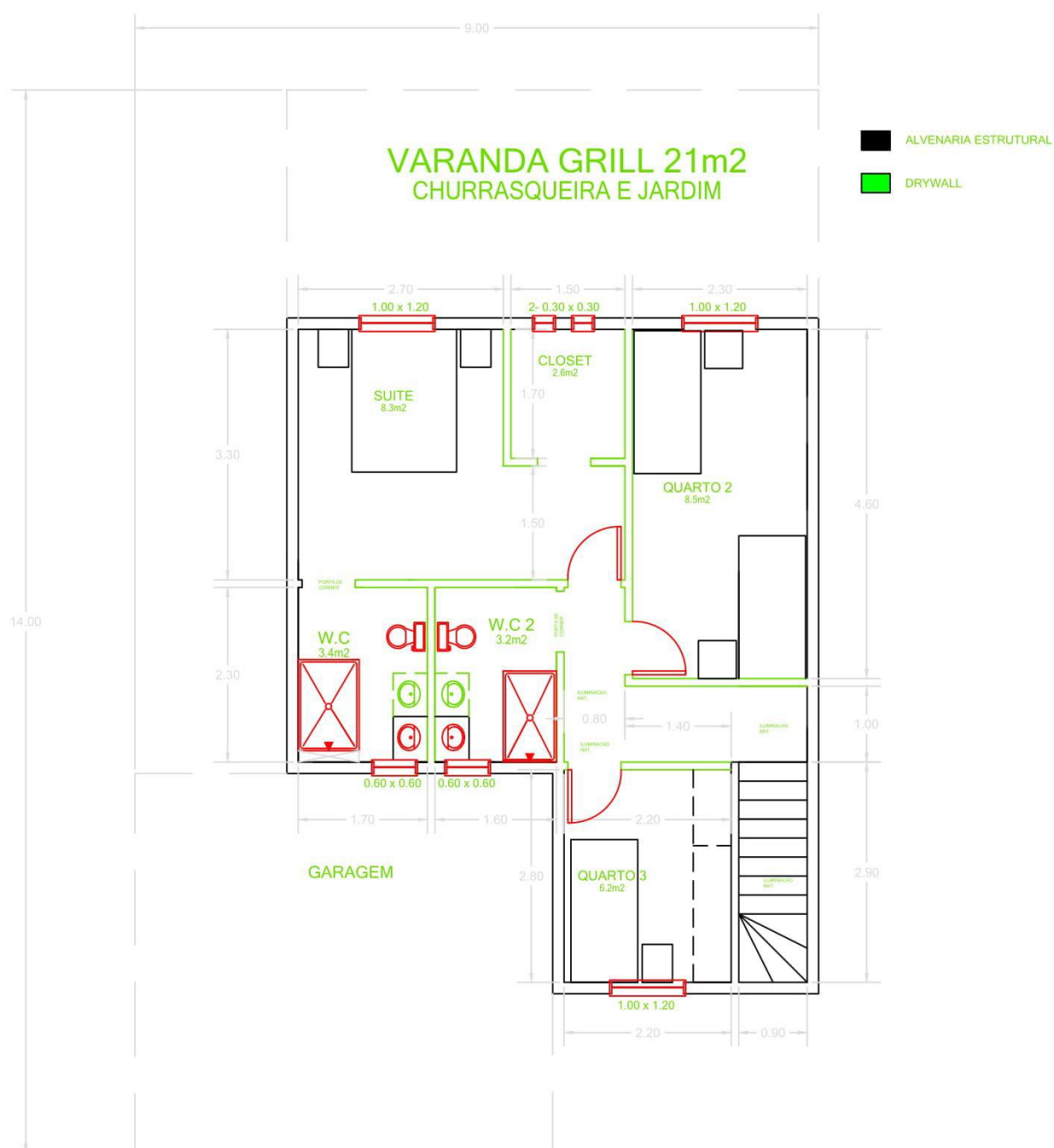


Figura 6 – Andar superior do layout de alvenaria estrutural
Fonte: RAMOS, (2018)

Pelo projeto proposto por RAMOS (2018), a área sob a escada foi destinada a um lavabo para que se possa ter um máximo aproveitamento da área útil construída do sobrado. Na Figura 7 apresenta-se o detalhe do espaço configurado e, nela pode-se observar que, nos pontos onde o pé-direito é muito baixo, foi projetado um armário embutido.

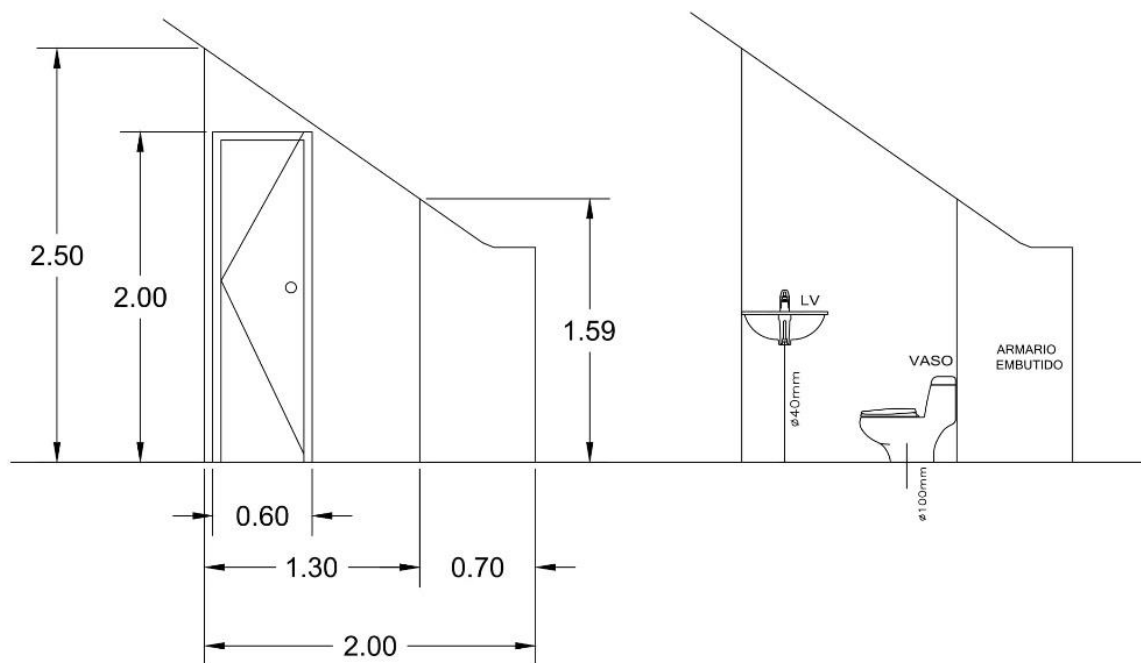


Figura 7 – Corte do lavabo sob a escada do layout de alvenaria estrutural
 Fonte: RAMOS, (2018)

Para otimizar a área útil da casa e racionalização construtiva, RAMOS (2018) optou pelo projeto de sobrados unilateralmente geminados. Com a geminação se ganha produtividade na cobertura, pois uma única estrutura é usada para atender a duas residências. Foi garantido pelo projeto que a parede de divisão entre elas fosse mais espessa para oferecer maior isolamento acústico entre as unidades residenciais individuais, porém, ressaltando-se a importância de estudos futuros sobre o desempenho acústico da edificação, seja em relação à eficiência da maior espessura da parede ou até mesmo pela necessidade do uso de um revestimento especial (Figura 8).

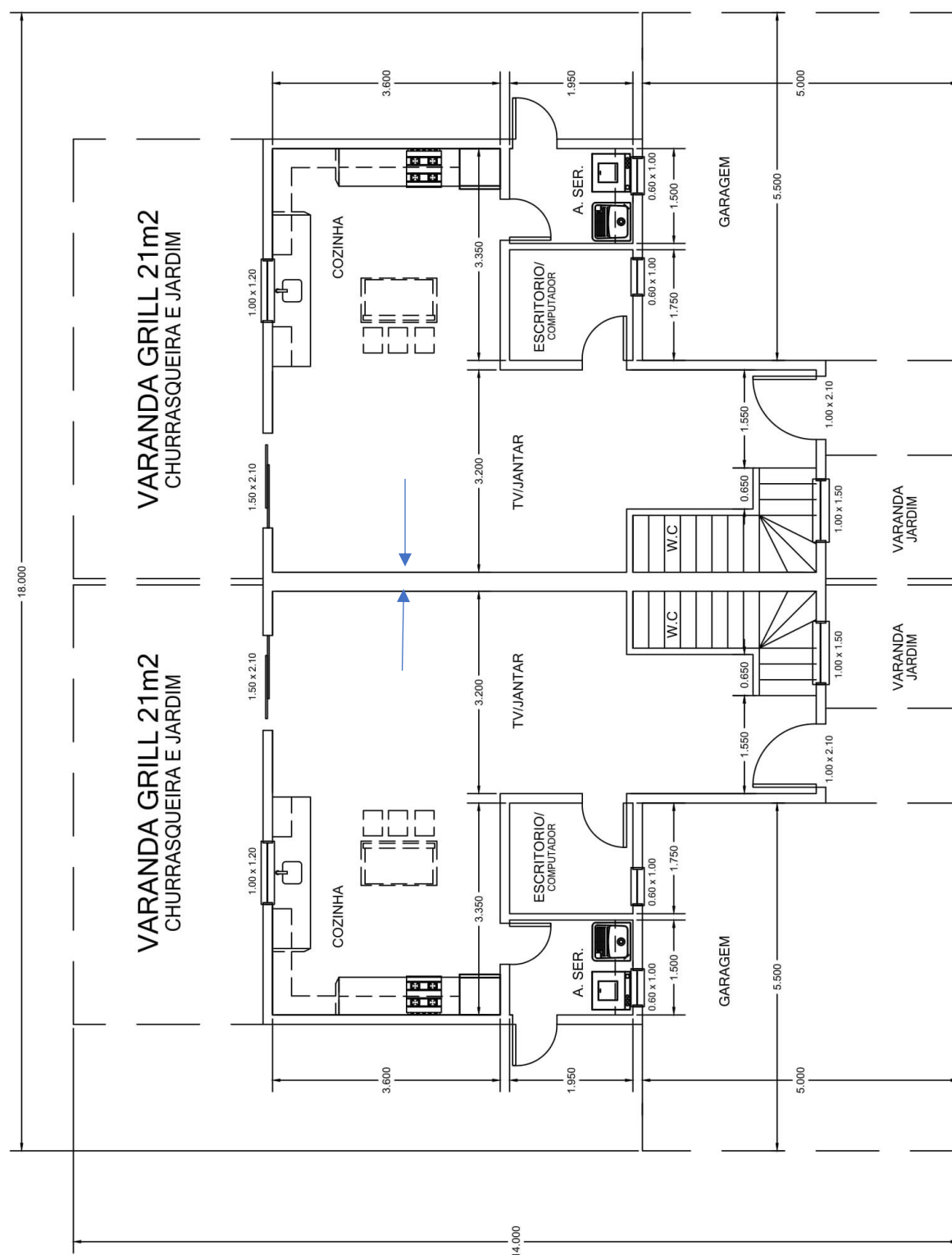


Figura 8 – Projeto padrão das casas geminadas de alvenaria estrutural
Fonte: RAMOS, (2018)

A customização estabelecida a critério do cliente consiste em diversas opções como garagem coberta, bancada central na cozinha, tipos de portas e janelas, cozinha isolada da sala ou não, disposição e escolha de eletrodomésticos, tipos de iluminação, sistemas

de refrigeração de ambiente, tipos de piso, pinturas, entre outros elementos de acabamento, fazendo com que uma casa esteticamente seja diferente de outra, mas estruturalmente idêntica (RAMOS, 2018).

Respeitando a dimensão mínima de lote exigida pelo Art. 4º da lei 6.766/70, e frente de, no mínimo 5 metros, o tamanho definido para o lote individual foi de 126m². Sendo 252m² com a geminação.

A garagem também é um espaço opcional no projeto, podendo ser coberta ou não, com acabamento customizado, a gosto de cada comprador. Da mesma forma, a varanda traz várias opções como área para churrasco, jardim, piscina, entre outras customizações.

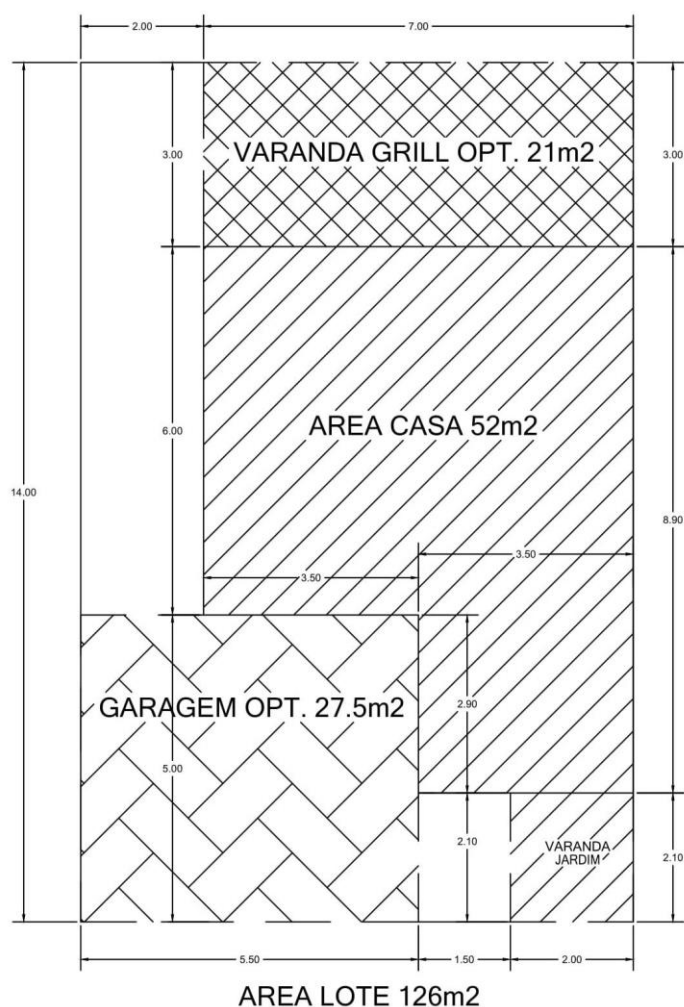


Figura 9 - Área do lote do layout de alvenaria estrutural
Fonte: RAMOS, (2018)

No estudo de RAMOS (2018), a fundação escolhida foi o radier, a vedação vertical (também com função estrutural) foi a alvenaria estrutural, sendo as paredes com espessura de 15 cm (blocos com $e=14\text{cm}$), tanto externas quanto internas que apresentam esse material. Algumas paredes internas foram concebidas em *drywall*, mais especificamente de placas de gesso acartonado preenchido com lã de pet, possibilitando uma maior flexibilidade de layout e uma maior customização. A vedação horizontal foi concebida por lajes pré-fabricadas planas e maciças com espessura variando de 8 cm a 12 cm, dimensões de 3,5 metros a 7 metros, sendo necessário o apoio na alvenaria estrutural. Tal laje é fabricada com furos para a posterior passagem de tubulação. O tipo de escada projetada pelo autor foi a pré-moldada tipo “jacaré”, que se trata de peças pré-moldadas de pequena espessura que são chumbadas junto à alvenaria estrutural. Ela é envolta por parede dos dois lados e tem 90 centímetros de largura, o mínimo para ser mantido o conforto do usuário, mesmo sendo desejada uma largura maior. Para as instalações hidráulicas, seguindo a norma de alvenaria estrutural com blocos de concreto vigente no Brasil (NBR 15961:2011), foi respeitada a premissa de que as tubulações não passem pelas paredes estruturais, dessa forma, as mesmas passam de um pavimento a outro através de *shafts*. No projeto em questão está previsto a adoção de apenas um *shaft* interligando as tubulações de água e esgoto dos WCs do andar superior e a área de serviço como se mostra na Figura 10 (RAMOS, 2018)

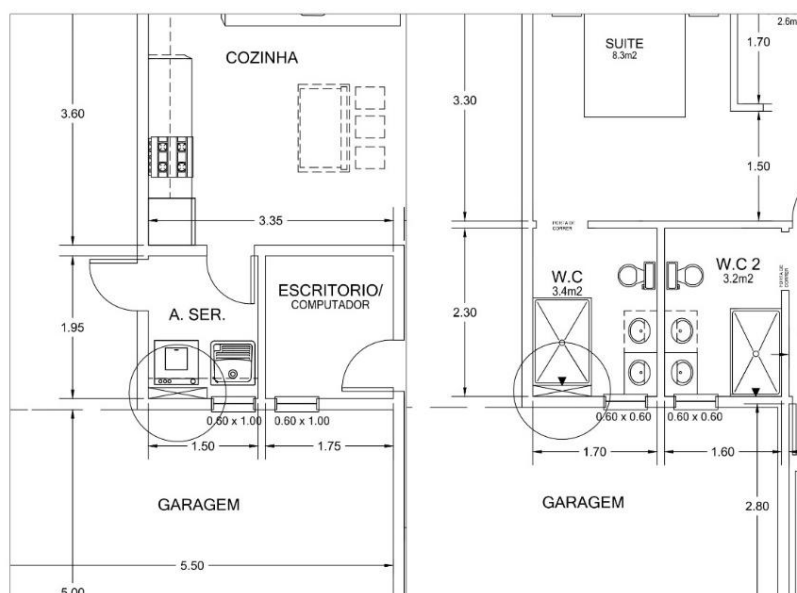


Figura 10 - Localização do shaft nos dois pavimentos do layout de alvenaria estrutural
Fonte: RAMOS, (2018)

O caminhamento horizontal das tubulações, proposto por RAMOS (2018), foi feito debaixo da laje e ocultado pelo forro de gesso acartonado. Tomou-se o cuidado com os problemas causados devido a ruído, aconselhando-se não fixar diretamente e rigidamente as tubulações nos elementos estruturais, além de indicar o uso de manta acústica para cobrir as tubulações.

O material indicado para a tubulação da residência é o Polietileno Reticulado (PEX) por dinamizar os processos. O revestimento do piso escolhido foi o vinílico, justificado pela aplicação fácil e rápida, além de facilitar a industrialização da obra no geral.

Segundo RAMOS (2018), há no empreendimento a possibilidade de flexibilização de saída da construção enxuta, ou seja, o produto pré-fabricado é o mesmo, a customização acontece “o mais tarde possível”, na disposição das paredes *drywall*, na opção entre uma lavanderia externa ou interna, na cobertura ou não da garagem, na escolha ou não de uma área de churrasco no fundo da casa, no tipo de armário na cozinha, estilos de portas e janelas, revestimento externo, etc.

5.2 ADAPTAÇÃO DO LAYOUT PADRÃO AO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO

A ideia inicial deste Trabalho de Conclusão de Curso consistia em usar o mesmo layout proposto por RAMOS (2018) e mostrar a maneira como o processo da industrialização dessa edificação se modificava quando o método construtivo passava de alvenaria estrutural para a paredes de concreto armado. Porém, considerando que o público alvo desse empreendimento seria a classe média brasileira, aperfeiçoamentos ao layout original foram inevitáveis como adotar medidas para aprimorar o desempenho acústico da edificação e critérios arquitetônicos como a elevação do reservatório para garantir pressão adequada do sistema hidráulico. Dessa forma, um novo layout foi desenvolvido, tendo como ponto de partida o layout proposto por RAMOS (2018) deixando-o o mais padronizado possível para que haja a possibilidade de uma comparação eficiente. Todas as mudanças feitas nesse trabalho, tanto no layout padrão quanto nas decisões tecnológicas, são precedidas de justificativa técnica.

5.2.1 O TERRENO E A DISPOSIÇÃO DAS ÁREAS

O loteamento e o terreno a receber a edificação continuam sendo os mesmos propostos por RAMOS (2018), respeitando a dimensão mínima exigida pelo Art. 4º da lei 6.766/70, ou seja, maior ou igual a 125 m² com frente de, no mínimo, 5 metros. No caso foi utilizada geometria retangular com frente de 9 metros e lateral de 14 metros, totalizando assim, portanto, 126 m² para cada lote individual.

Na Figura 11 apresenta-se a área do lote e as dimensões da área ocupada pela edificação e pelos espaços opcionais que são garagem, varanda grill e jardim. Ainda, foi incluída uma parede de divisa, entre os lotes para garantir privacidade aos moradores.

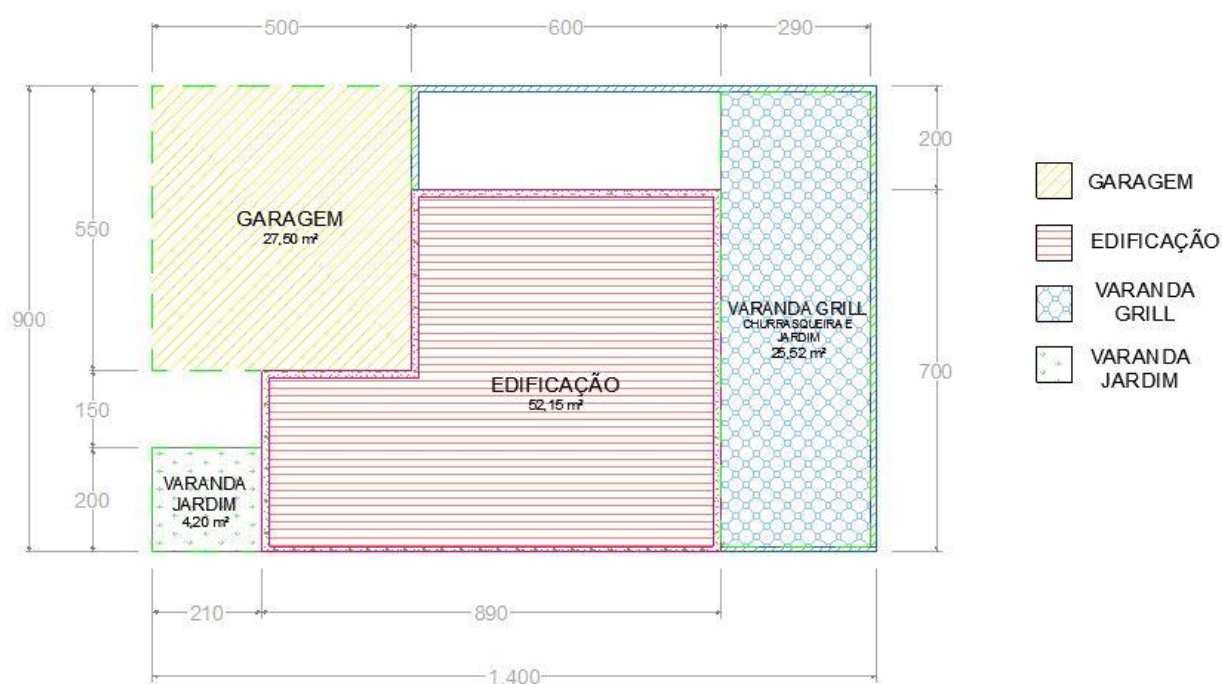


Figura 11 - Área do lote
Fonte: O autor, (2019)

A área da edificação, da varanda/jardim e da garagem se mantiveram as mesmas propostas por RAMOS (2018) para melhor aproveitamento da área. A parede de divisa dos terrenos ilustrada na Figura 11 com linha azul escura, são únicas e com 20 cm, para garantir bom isolamento acústico.

5.2.2 A EDIFICAÇÃO (SEM PERSONALIZAÇÕES)

O projeto arquitetônico padrão da residência continua tendo como alvo a classe média, compondo um sobrado de dois pavimentos, seguindo o critério em que deve haver três quartos, sendo uma suíte, e dois quartos que compartilham um único banheiro, cozinha,

sala de tv/jantar, lavabo, escritório/sala de armazenamento, área de serviço, área de churrasco e garagem para dois carros. Optou-se por deixar a parte externa ou o “invólucro” da edificação da mesma forma que propôs RAMOS (2018). Porém, na parte interna, algumas mudanças foram necessárias.

Seguindo a NBR 16055:2012 de paredes de concreto, observa-se que edificações com pé direito de até 3 metros têm garantia para usar paredes com espessura de, no mínimo, 10 centímetros para paredes externas e de no mínimo 8 centímetros para paredes internas. Porém, como mostrado por BALTOKOSKI (2015), edificações em paredes de concreto, quando comparadas com edificações de características arquitetônicas similares, mas com uso de alvenaria convencional de vedação, têm desempenho acústico pior, tendo como base a NBR 15575:2013 de desempenho de edificações habitacionais.

O primeiro sistema tem desempenho em torno de 8% menor que o segundo, sendo a espessura da parede de concreto analisada de 9,5 centímetros (8 cm de concreto e 1,5 cm de revestimento externo argamassado) e a de alvenaria convencional de 12 cm (9 cm de bloco cerâmico de vedação e 3 cm de revestimento argamassado interno e externo). Dessa maneira, optou-se por melhorar o desempenho acústico adotando-se espessura mínima de 14cm nas paredes de concreto. Da mesma forma, as paredes internas deixaram de ter 10 centímetros como no layout proposto por RAMOS (2018), passando a ter 15 centímetros, para sanar a questão acústica, além de demonstrar mais robustez para o cliente de classe média, que também preza pelo aspecto visual.

Uma importante característica da edificação, que não foi considerada por RAMOS (2018), foi a elevação do reservatório. A NBR 5626:1998 de instalação predial de água fria diz que nenhum ponto da instalação pode apresentar pressão inferior a 10 kPa que equivale a aproximadamente 1 metro de coluna de água. O ponto mais crítico da instalação hidráulica, quando se fala de pressão mínima, é o chuveiro do último pavimento, portanto, esse ponto deve estar a pelo menos um metro abaixo do ponto de saída de água do reservatório para garantir essa especificação da norma. Na edificação em questão deve-se elevar o nível do reservatório onde adotou-se pé direito, variando de 2,5 a 2,8 metros, para ser considerado de altura normal com altura adotada de 2,8 metros nesse trabalho com uma laje de 10 a 12 centímetros e o ponto do chuveiro a no mínimo 2,1 metros do piso.

Na maioria dos edifícios construídos utiliza-se a caixa de escadas para a elevação do reservatório, já que essa vem desde o primeiro pavimento até a última laje com paredes coincidentes em todos os pavimentos. Porém, uma caixa de escada no sobrado em questão seria inviável devido a seu tamanho compacto, além de não suprir a necessidade de espaço demandada pelo reservatório, dessa maneira buscou-se alternativas para superar esse desafio. Primeiramente, foi necessário especificar o tamanho do espaço utilizado pelo reservatório, para isso estimou-se de forma superficial a capacidade que o reservatório deveria ter. Para tanto, fez-se as seguintes estimativas:

1. Segundo a NBR 5626:1998, a capacidade dos reservatórios de uma edificação deve atender o padrão de consumo de água no edifício e, se possível obter informações, considerar a frequência e duração de interrupções do abastecimento. Para a estimativa da capacidade do reservatório, foi levado em conta o volume mínimo necessário para 24 horas de consumo normal, sem considerar o volume de água para combate a incêndio. Seguiu-se uma tabela genérica (Tabela 1) disponível no site da empresa fabricante de reservatórios Fortlev para determinar o consumo diário em L/pessoa/dia. Sendo a edificação em questão classificada como residência obteve-se um consumo diário de 150 litros por dia por pessoa;

Tabela 1 – Estimativa de consumo diário de água

<i>Tipo de Edificação</i>	<i>Consumo L/dia</i>
Residência	150
Casa popular/Rural	120
Alojamento provisório	80
Escritório	50

Fonte: Fortlev, (2019)

2. Quando não se tem certeza da quantidade de pessoas que moram na residência, estima-se em duas pessoas por quarto, sendo assim, estimou-se nesse caso 6 moradores;

3. Multiplicando-se o número de moradores pelo consumo diário por morador, obtêm-se o consumo diário da residência, e assim é possível dimensionar o reservatório;

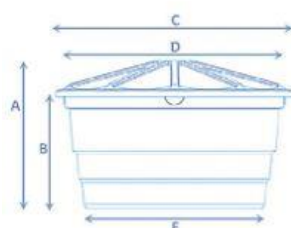
$$n^{\circ} \text{ de moradores} * \text{consumo diário} = \text{volume do reservatório}$$

$$6(\text{pessoas}) * 150(\text{L/ pessoa/ dia}) = 900(\text{L})$$

4. Com o dimensionamento do reservatório em mãos, utilizou-se a tabela da Tabela 2, para a verificação do diâmetro ocupado pelo reservatório desta empresa que melhor se encaixa nos números obtidos. O reservatório mais adequado seria, portanto, de 1000 litros com um diâmetro de 1,52 metro de diâmetro com tampa e 1,51 metro de diâmetro sem tampa;

Tabela 2 – Diâmetro do reservatório

Capacidade (L)	Dimensões (m)				
	A	B	C	D	E
100	0,51	0,41	0,75	0,73	0,54
150	0,55	0,43	0,88	0,87	0,61
250	0,66	0,50	1,04	1,03	0,78
310	0,69	0,54	1,05	1,04	0,75
500	0,72	0,58	1,24	1,22	0,95
750	0,86	0,73	1,37	1,35	1,00
1.000	0,97	0,76	1,52	1,51	1,16
1.500	1,05	0,83	1,77	1,75	1,43
2.000	1,10	0,90	1,89	1,88	1,55



L - litros
m - metros

A - Altura com tampa
B - Altura sem tampa
C - Diâmetro com tampa
D - Diâmetro sem tampa
E - Diâmetro da base

Fonte: Fortlev, (2019)

Após a determinação do diâmetro ocupado pelo reservatório, procurou-se encaixar no projeto, da melhor maneira possível, paredes internas de concreto que serviriam como apoio para a elevação, sendo que essas deveriam vir coincidentes desde o pavimento térreo até a última laje. Inicialmente pensou-se em não modificar o espaço utilizado pelos WC's propostos no layout de RAMOS (2018), aumentando as dimensões da área de serviço e do escritório no pavimento inferior e, dessa forma, envolve-los por paredes de concreto, garantindo-se assim a elevação do reservatório. Porém, como mostrado na Figura 12, as dimensões não seriam satisfatórias para garantir a instalação do reservatório e a distância mínima de 60 centímetros para a manutenção.

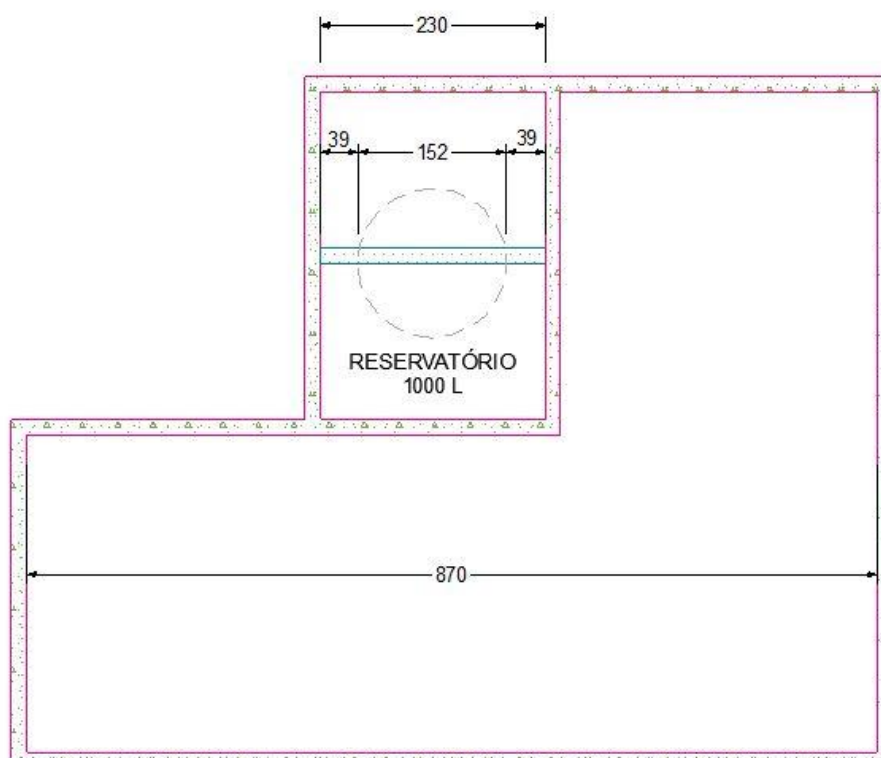


Figura 12 – Locação do reservatório e vão da laje (primeira opção)
Fonte: O autor, (2019)

Outro fato ilustrado na Figura 12 é o tamanho do vão da laje, que se mostrou demasiadamente grande, visto que no processo executivo da estrutura de paredes de concreto, o uso de lajes pré-moldadas ou pré-fabricadas é impedido pela NBR 16055:2012, que diz que a laje e as paredes deve ser um sistema monolítico, ou seja, a concretagem deve abranger todos os elementos estruturais de forma integrada em cada pavimento. Dessa maneira, visando a melhor instalação do reservatório e redução do vão da laje para que os esforços fossem aliviados, mas ao mesmo tempo mantendo

concordância construtiva, optou-se por fazer uma modificação no projeto da parte interna da edificação, incluindo a parede estrutural de 15 cm de espessura, como mostrado na Figura 13, devendo-se necessariamente passar alinhadas por todos os pavimentos até a elevação do reservatório.

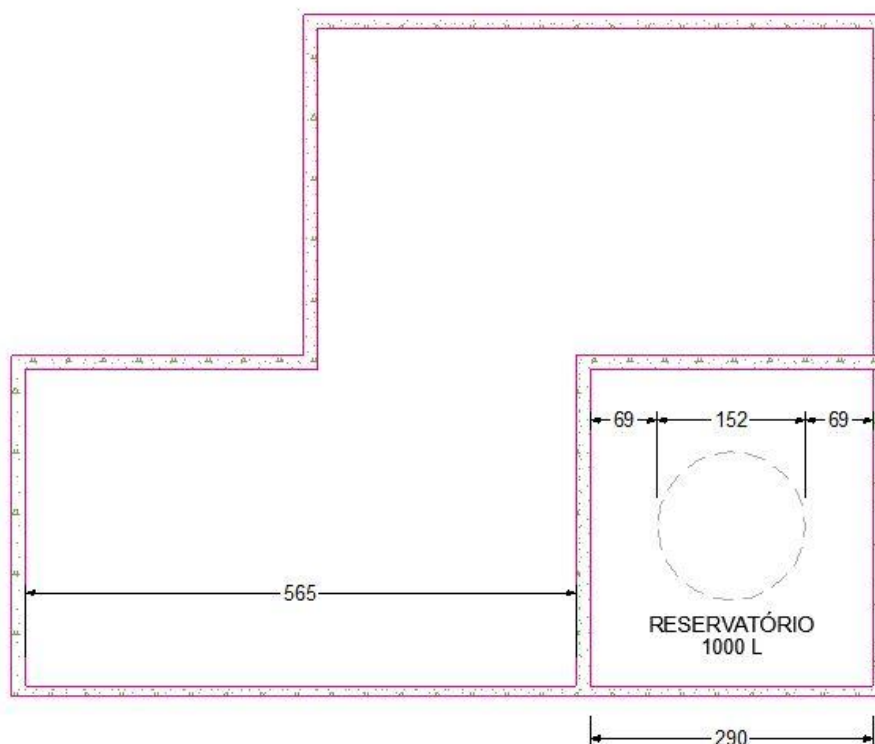


Figura 13 – Localização do reservatório e vão da laje (segunda opção)
Fonte: O autor, (2019)

Com essa mudança no layout, várias mudanças foram necessárias na disposição dos cômodos, tanto no pavimento térreo quanto no pavimento superior. Para o pavimento superior, houve preocupação principalmente quanto a acústica do quarto que ocupou esse espaço e que faz divisa com a residência do lado, para isso, propõe-se o aumento da espessura desta parede de divisa, moldando-a com 19 centímetros (20 centímetros se incluso o revestimento), dividida ao meio por uma chapa de 1 centímetro de poliestireno expandido, sendo armada com tela de aço soldada nas duas faces como solicita a NBR 16055:2012 para paredes de concreto com mais de 15 centímetros (Figura 14).

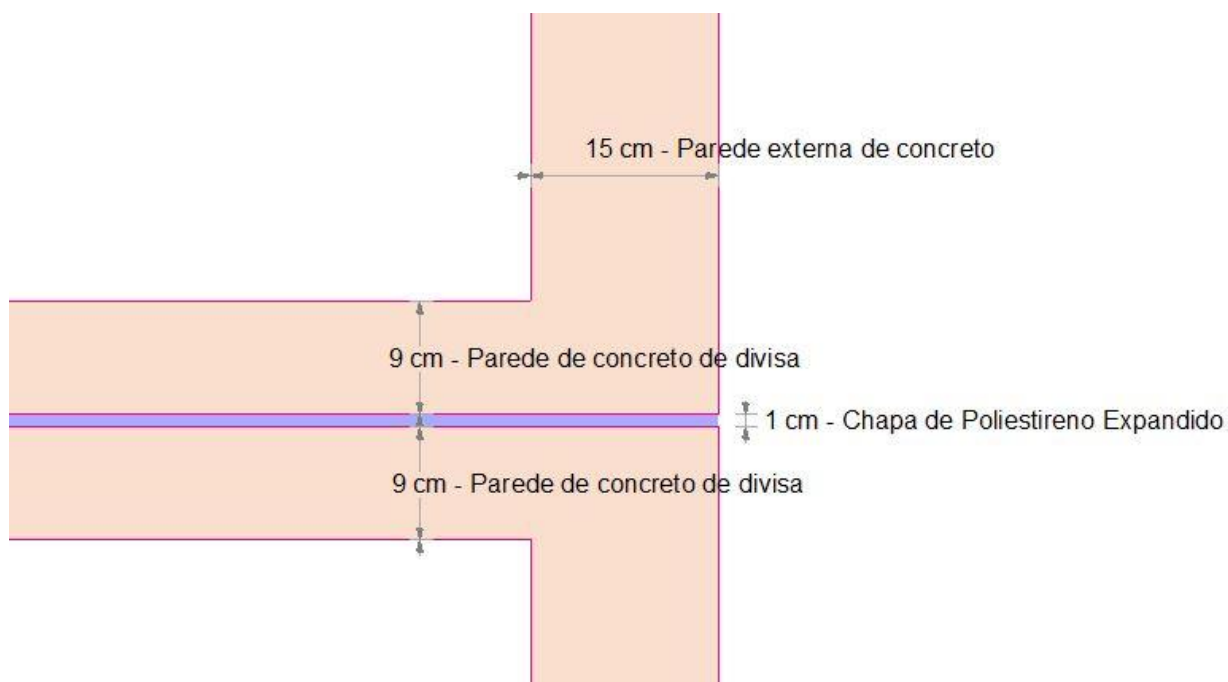


Figura 14 – Parede de divisa
Fonte: O autor, (2019)

Para melhorar ainda mais o isolamento acústico desse cômodo, optou-se por embutir um guarda-roupa nessa divisa, pois o tecido proveniente do material de vestimentas e a madeira, tem a peculiar característica de absorção sonora. Para que isso fosse possível, o quarto deveria ter espaço suficiente para abrigar um guarda-roupa de no mínimo 60 centímetros de profundidade, com mais 6 centímetros para a inclusão de trilhos, com mais 60 centímetros para o trânsito de pessoas no caso do uso de portas de correr, ou 60 centímetros de profundidade com mais 70 centímetros para abertura de portas, além de outros 60 centímetros para trânsito de pessoas, no caso de uso de portas de abrir. Na Figura 15 apresenta-se esses limites cumpridos para guarda-roupa com portas de correr, garantindo maior conforto ao usuário e ainda sobrando espaço para uma mesa de computador.

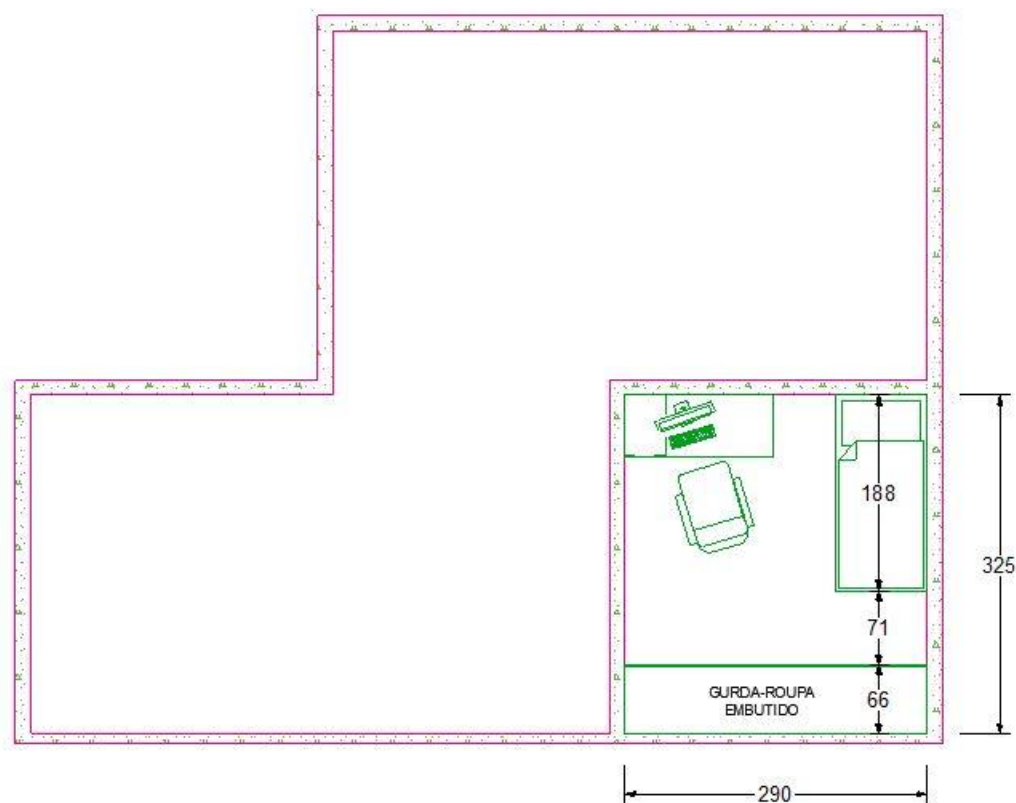


Figura 15 – Limitações de espaço do quarto
Fonte: O autor, (2019)

Seguindo o método construtivo, no pavimento inferior, imediatamente abaixo do quarto mostrado na Figura 15, pensou-se em alocar a cozinha, porém essa ideia foi inviabilizada devido à necessidade de uma área de serviço integrada à essa e também pensando na orientação do sol, sendo que ela quase não seria atingida por raios solares, podendo haver futuramente aparição de mofo. Dessa maneira, encontrou-se a possibilidade de alocar nesse espaço um escritório e um lavabo divididos por uma parede de drywall em gesso acartonado com 15 centímetros de espessura conforme Figura 16. Além disso, prezou-se por isolar o vaso sanitário do lavatório no lavabo, para maior conforto na higienização do usuário.

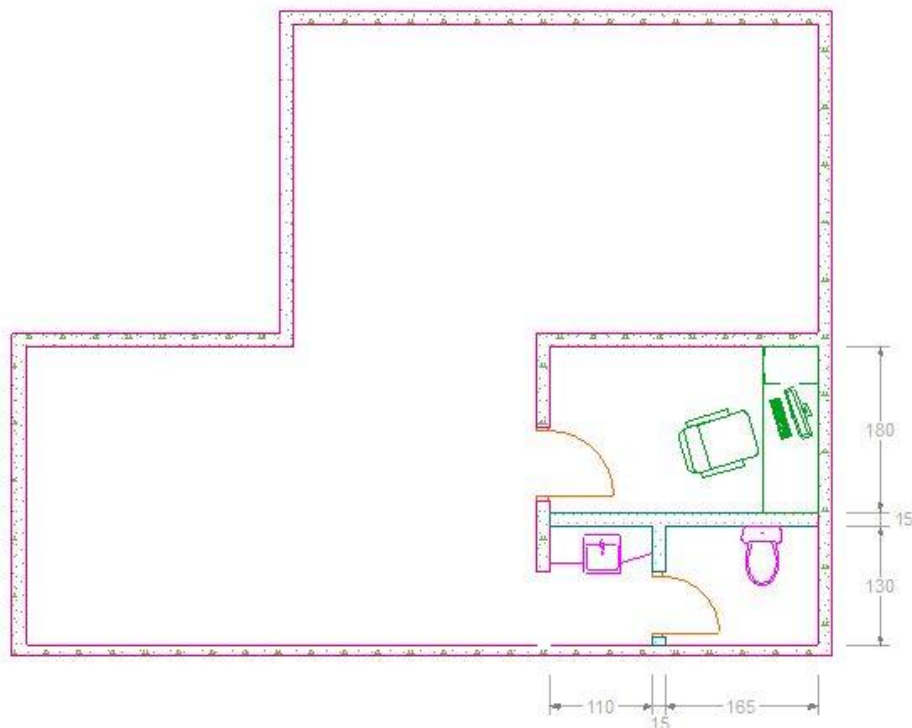


Figura 16 – Locação do escritório e lavabo
Fonte: O autor, (2019)

Os demais ambientes da residência foram, então, pensados para serem encaixados da melhor forma possível, respeitando limitações de espaço como a de utilização de guarda roupas já mostrado, além de espaço para trânsito nos banheiros, cozinha e área de serviço e tamanho de boneca e espessura de alisares nas portas, para que visualmente o morador se sinta confortável.

A disposição dos ambientes, foi pensada de modo a otimizar o desempenho geral da edificação, além também, do uso de concreto com ar incorporado, assunto que será retomado posteriormente nesse trabalho. Assim, os quartos foram voltados para leste, bem como suas janelas, orientação no qual se recebe o sol da manhã, e o sol mais forte, da tarde, não chega a esses ambientes, deixando para que a sala o receba, orientando-a para oeste. A cozinha foi orientada para o norte, pensando principalmente na ventilação fornecida pelo corredor ao seu lado. Como o sol do norte é mais constante durante o dia, tomou-se o cuidado para que este ambiente não tivesse aberturas voltadas para este lado. A área de serviço, pensando em um melhor dinamismo ao usuário, ficou alocada ao lado da cozinha, sendo o único cômodo da residência com aberturas voltadas para o norte. Este ambiente também recebe um *shaft* vertical que dá passagem para as tubulações do andar superior para o térreo.

O lavabo abaixo da escada, para esse projeto, ocupava um espaço que poderia ser usado na sala de TV, portanto, optou-se por deixar a possibilidade de ser colocado, por exemplo, um rack com televisão embaixo da escada, otimizando o espaço.

Portanto, adaptando-se o layout de RAMOS (2018) para o sistema construtivo de paredes de concreto e observando os novos detalhes, o layout final da edificação bruta que se mostrou mais efetivo é apresentado nas Figuras 17 e 18, que representam o pavimento térreo e o pavimento superior respectivamente, sendo as paredes que aparecem com linhas lilases as paredes de concreto e as de linhas azuis, as de *drywall*.

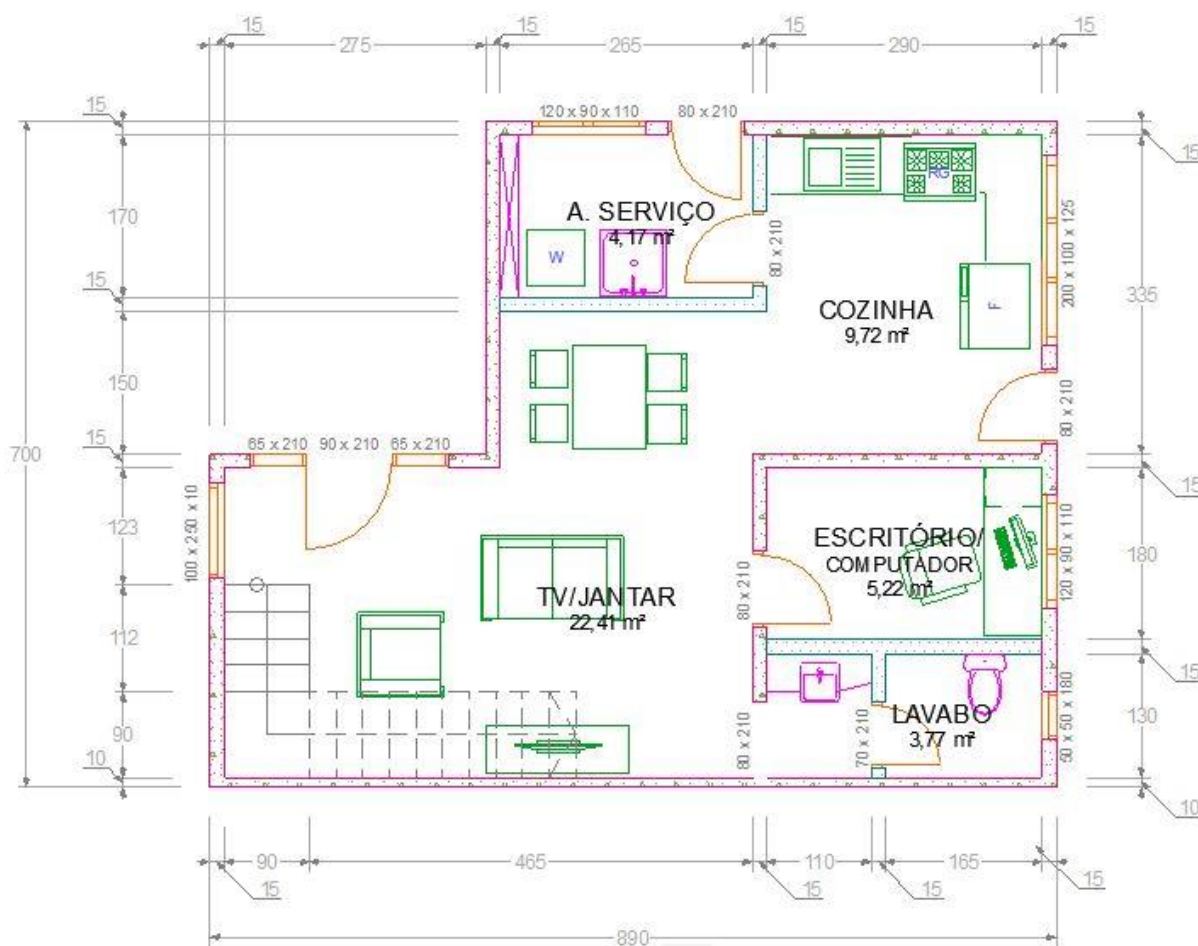


Figura 17 – Planta baixa do térreo com medidas
Fonte: O autor, (2019)

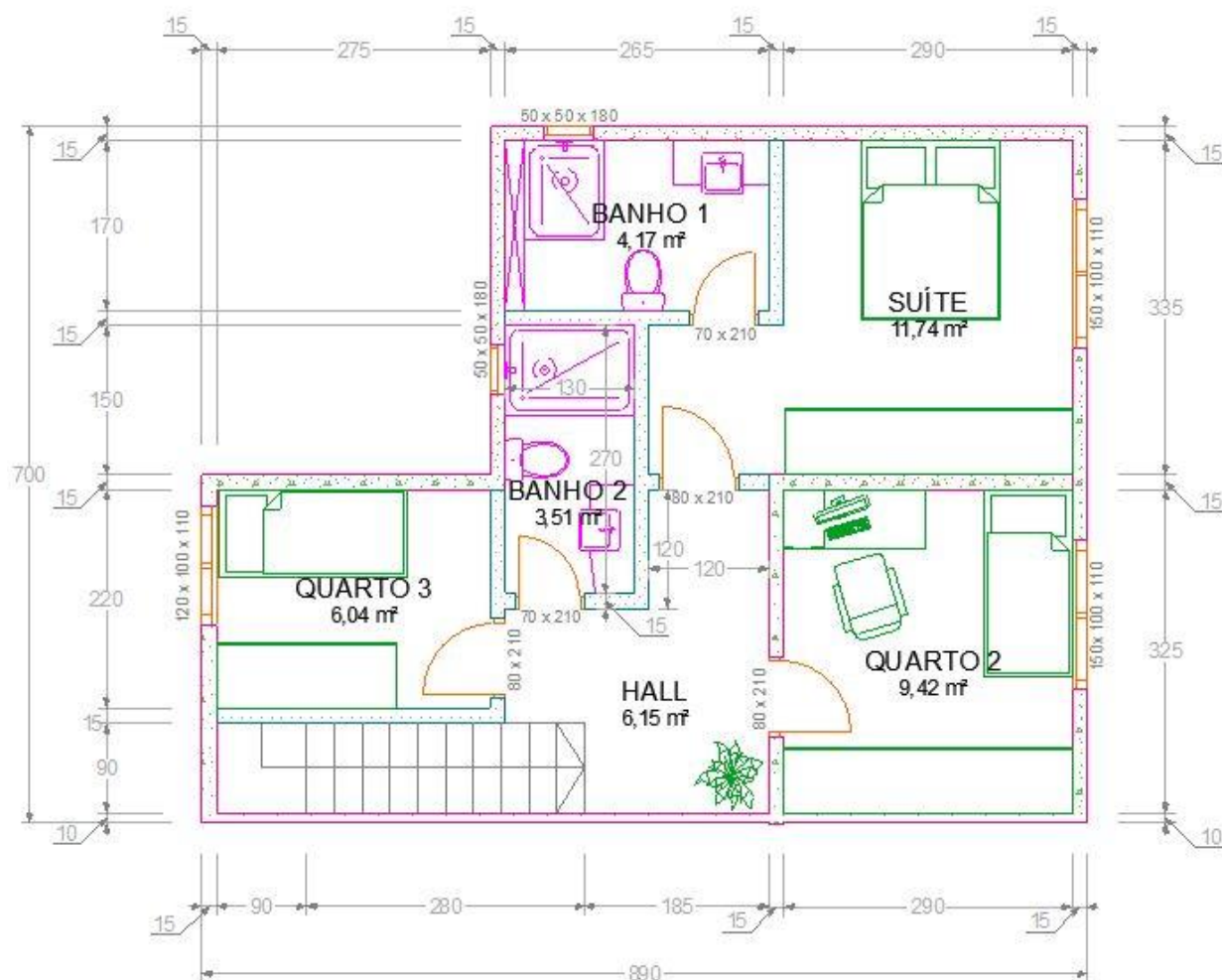


Figura 18 – Planta baixa do andar superior com medidas
Fonte: O autor, (2019)

5.2.3 A EDIFICAÇÃO UNILATERALMENTE GEMINADA

Seguindo o modelo de RAMOS (2018), optou-se pela geminação das residências para garantir que apenas uma estrutura seja usada para a cobertura de dois sobrados ao mesmo tempo e dessa forma facilitar o processo produtivo deixando-o com maior nível de industrialização.

Definido o layout da edificação sem personalizações, começa-se a pensar na geminação como uma única edificação quando é visada a fase construtiva, sendo importante observar o seu comportamento como conjunto. Nas Figuras 19 e 20 estão ilustradas a geminação unilateral no térreo e no pavimento superior respectivamente.

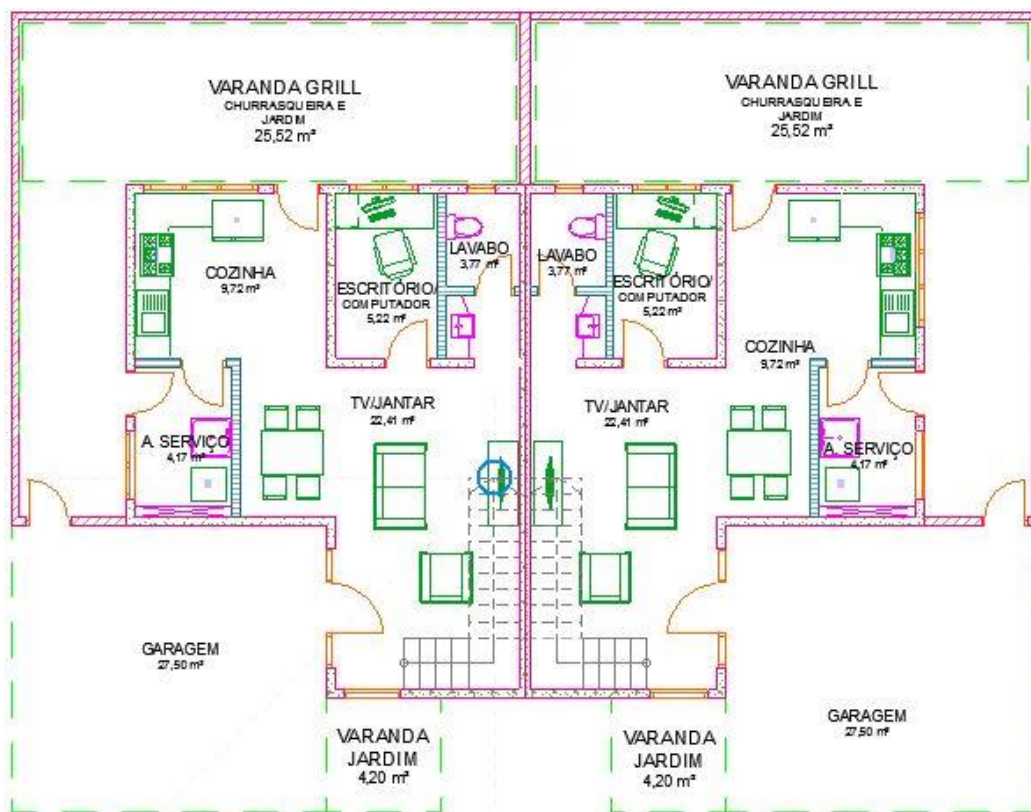


Figura 19 – Geminação unilateral do pavimento térreo
Fonte: O autor, (2019)

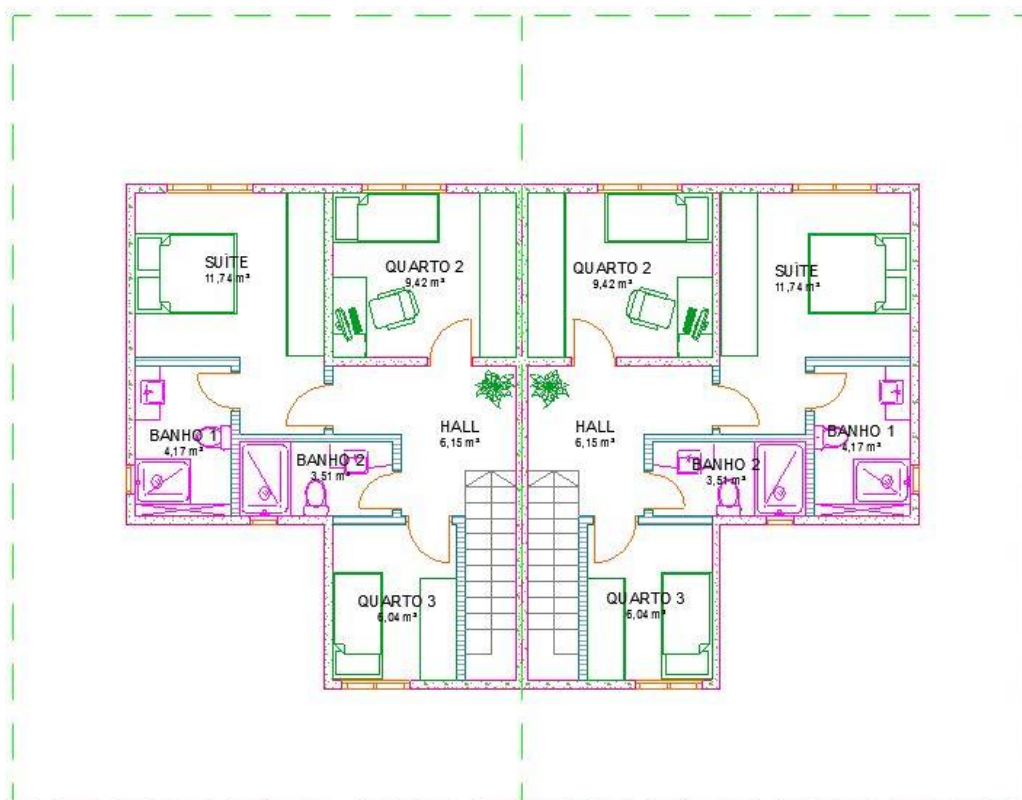


Figura 20 – Geminação unilateral do pavimento superior
Fonte: O autor, (2019)

Tratando-se de conforto térmico, percebe-se que serão quatro tipos de edificação nas quais o desempenho varia de acordo com sua posição. A Figura 21 mostra esse esquema.

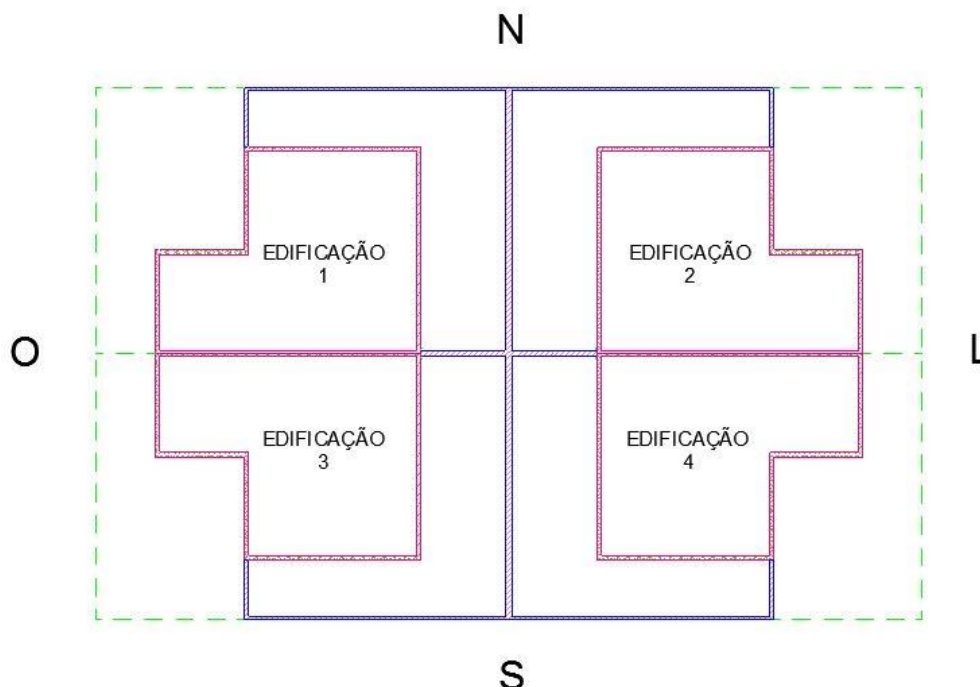


Figura 21 – Divisão de tipos edificações visando o desempenho térmico
Fonte: O autor, (2019)

O layout padrão projetado foi para apresentar o melhor conforto térmico possível, sendo esse representado pela edificação 1. Tendo isso como premissa, pode-se observar que o desempenho da edificação tende a piorar na edificação 2, seguido por um conforto térmico inferior na edificação 3 e por fim, a edificação que apresenta o pior desempenho é a edificação 4. Assim, aconselha-se estudo mais aprofundado acerca do melhoramento das edificações 2, 3 e 4, podendo ser indicadas tintas mais claras na fachada ou até mesmo avaliar o uso de técnicas especiais para melhora do conforto acústico dessas edificações.

Como falado anteriormente, para que os moradores tenham privacidade, optou-se por fazer paredes de divisa dos dois lados e no fundo do lote, deixando a frente livre para que a fachada seja melhor visualizada. É possível observar esse detalhe indicado pelas linhas azuis da Figura 21.

Para melhora visualização desse layout proposto, apresenta-se na Figura 22 a modelagem 3D, atentando-se para detalhes em fachada e para os itens opcionais, como jardim, garagem e revestimento.



*Figura 22 – Modelagem em 3D do empreendimento
Fonte: O autor, (2019)*

6 OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Nesse trabalho, visando maior produtividade durante o processo construtivo, optou-se por métodos que facilitassem a industrialização do processo, utilizando materiais de fácil manuseio, mais flexíveis e também pré-moldados. Fez-se também uma análise paralela ao trabalho desenvolvido por RAMOS (2018), propondo adequações quanto aos métodos construtivos, dessa vez visando a norma de paredes de concreto e as mudanças avaliadas neste trabalho como necessárias.

Para isso, separou-se, assim como RAMOS (2018), os métodos construtivos em tópicos, sendo discutida nesse trabalho a aplicação em:

- fundação;
- estrutura principal;
- laje;
- escada;

- cobertura;
- instalações hidráulicas;
- construção em geral.

6.1 FUNDAÇÃO

Os tipos de fundações mais adequados para as paredes de concreto são: sapata corrida, laje de apoio (radier), blocos de travamento de estacas e tubulões (MISURELLI e MASSUDA, 2009).

O tipo de fundação sugerida, assim como foi por RAMOS (2018), é o radier, pelo seu alto nível de produtividade, pois, atualmente, tem sido largamente utilizado em construções de casas populares, principalmente em programas de habitação do governo, em função da facilidade de execução. É preciso tomar alguns cuidados quando se projetar uma fundação em radier: o S.P.T. deverá ser superior ou no máximo igual a 20 e não é aconselhável a sua utilização em aterros e em solos que apresentam perfil geológico decrescente (DELALIBERA, 2006). Caso o solo do empreendimento não se mostrar adequado a esse tipo de fundação, deverá haver uma nova análise crítica para determinar o tipo de fundação que mais se adeque às exigências.

Para paredes de concreto, é importante que o radier exceda o perímetro das paredes, para que haja espaço para a instalação das fôrmas. Dessa forma, adotou-se o perímetro de 60 centímetros além das paredes externas de concreto. Esse método construtivo é facilitado também pelo fato das casas serem geminadas, que faz com que de uma vez só, duas residências recebam a mesma fundação, além da simetria, que melhora a distribuição dos esforços (efeito de corpo rígido).

6.2 PAREDES DE CONCRETO

A escolha desse sistema construtivo vem em função primeira de adaptação do modelo americano de *wood frame* para a cultura brasileira, visto que a população em geral tem preconceito em relação ao emprego de materiais que facilitam a implantação desse sistema. Por outro lado, o concreto armado no Brasil tem excelente aceitação, por sua robustez e pelo seu emprego dominante no mercado. Assim, o uso de casas em paredes de concreto tem um aspecto cultural de aceitação maior que o sistema de alvenaria estrutural.

Segundo o coordenador do Grupo Parede de Concreto, da ABCP, o engenheiro Rubens Monge, em termos de produtividade, o sistema de paredes de concreto pode chegar a ser até duas vezes mais produtivo do que o sistema de alvenaria estrutural, devido à linha de montagem que industrializa a produção com processos que fogem do âmbito artesanal (Cichinelli, 2015).

Segundo MACÊDO (2016), esse resultado de alta produtividade é reflexo do tempo de obra, o qual em paredes de concreto é extremamente reduzido comparado com métodos tradicionais ou com a própria alvenaria estrutural, permitindo uma produção contínua e rápida.

Ainda como resultado de alta produtividade, pode-se apontar os custos de obra, que a princípio se mostram superiores nas paredes de concreto se visto somente pelo alto valor de aquisição das fôrmas, mas rapidamente convertido em lucro à medida que a produção ganha impulso e velocidade, sendo concluída antes do tempo previsto em outros métodos (MACÊDO, 2016).

Um exemplo dessa redução global dos custos de obra são estudos feitos por ALVES e PEIXOTO (2012) e SANTOS (2013) que mostram que casos realizados chegaram a valores entre 1,5 e 1,8% de economia quando utilizado o sistema de paredes de concreto comparado ao sistema de alvenaria estrutural. Tais estudos foram baseados em construções com alta repetitividade e de fôrmas padrão, assim como o desse trabalho.

Outro aspecto importante a ser abordado nessa comparação é a expressiva redução na quantidade de funcionários e também a versatilidade desses, o que reduz custos indiretos como refeições, encargos sociais, transporte, alojamento e segurança além de salários, retrabalho e imperfeições devido aos processos de revestimento convencionais como chapisco e reboco, serviços dispensáveis em paredes de concreto, que, após uma concretagem bem feita, apresenta bom acabamento, deixando a edificação pronta para receber a pintura e ou o revestimento cerâmico.

Segundo a NBR 16055:2012 Paredes de Concreto Moldadas no Local para a Construção de Edificações, podem ser definidas como elementos estruturais autoportantes, moldados no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capazes de suportar carga no mesmo plano da parede.

O conjunto dos elementos finais após a concretagem é de uma estrutura contínua, sem juntas aparentes, capaz de distribuir os esforços sobre toda a área de solicitação, caracterizando uma estrutura de concreto armado monolítica. (GOES, 2013).

Segundo PONZONI (2013), o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* tem as seguintes vantagens:

- economia em custo e tempo para construções em escala;
- uniformização, tornando o processo industrializado;
- economia com mão de obra e retrabalho;
- boa solução para empreendimentos com alta repetitividade.

Ao mesmo tempo têm as seguintes desvantagens:

- maior mobilização de tempo no período de projeto, podendo ficar de 20% a 30% mais caros;
- reformas futuras dificultadas;
- elevado investimento inicial.

6.2.1 CONCRETO

Em geral, são indicados pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) quatro tipos de concreto para uso nesse sistema, são eles: concreto celular (L1), concretos com agregados leves ou com baixa massa específica (L2), concreto com elevado teor de ar incorporado (M) e concreto convencional ou autoadensável (N).

A ABCP fornece os dados mostrados na Tabela 3 para definir valores mínimos para que os concretos sejam usuais nesse tipo de empreendimento.

Tabela 3 – Tipos de concreto para uso em paredes de concreto

Tipo	Concreto	Massa específica (kg/m ³)	Resistência mínima à compressão (MPa)	Tipologia usualmente utilizada
L1	Celular	1500 - 1600	4	Casa até 2 pavimentos
L2	Com agregado leve	1500 - 1800	20	Qualquer tipologia
M	Com alto teor de ar incorporado	1900 - 2000	6	Casa até 2 pavimentos
N	Convencional ou Auto-adensável	2000 - 2800	20	Qualquer tipologia

Fonte: ABCP, (2007)

Nesse estudo, optou-se por utilizar o concreto com alto teor de ar incorporado (até 9%) devido à suas propriedades que possibilitam a obtenção de concretos com menor condutividade térmica, cuja aplicação resultará em edificações com melhor conforto térmico, pois, para o caso estudado, o nível de exigência do público alvo para com esse tema é de alta relevância.

Segundo a ABCP, também é indicado o uso de material fibroso para reduzir os efeitos de retração muito presentes nesse tipo de estrutura. Nesse trabalho optou-se pela adição da fibra de polipropileno (PP).

A norma ABNT NBR 16055:2012 é de certa forma incompleta quanto à especificação da resistência do concreto, visto que no uso de paredes de concreto moldadas no local, a ABCP indica resistência característica à compressão (f_{ck}) mínima para o uso de concretos com ar incorporado de 6MPa aos 28 dias e a norma NBR 16055:2012 prevê embasamento dessa definição nas normas NBR 6118:2014, NBR 8953:2015 e NBR 12655:2015, nas quais, para definição do f_{ck} , não se aplicam quando se trata de concreto aerado, gerando assim certa incongruência.

Por falta de normatização quanto aos concretos com incorporação de ar por meio de aditivo, estudou-se nesse trabalho a possibilidade de trabalhar, mesmo que não aplicáveis, com as definições previstas nas normas citadas. Dessa maneira, a NBR 8953:2015 define que concretos com f_{ck} menor que 20MPa são concretos não estruturais, e a NBR 12655:2015 por sua vez, indica para concretos estruturais, resistência característica à compressão mínima de 25 MPa para concreto armado em locais com classe de agressividade ambiental II. Dessa forma, portanto, indica-se o uso de concretos de classe de resistência C25, conforme a NBR 8953:2015.

Porém, segundo PERUZZI (2018), em estudos que relacionam f_{ck} , teor de ar incorporado, massa específica e condutividade térmica em concreto aerado não autoclavado, mostra que é possível chegar a um concreto com f_{ck} de 18,7 MPa e massa específica de 1868 Kg/m³ e condutividade térmica (k) de até 0,92 W/m.K, bem inferior à um concreto comum que nas mesmas condições possui k de 1,78 W/m.K. Esse concreto depende da quantidade de ar e do tempo de mistura. Nesse caso, esse tempo foi de dois minutos. O estudo também mostra ser possível aumentar o valor do f_{ck} do concreto diminuindo o tempo de mistura. Dessa forma, opta-se nesse trabalho por utilizar o f_{ck}

mínimo para concretos estruturais segundo a NBR 12655:2015, de 20 MPa, ou seja, classe C20, mantendo a massa específica abaixo de 2000 Kg/m³.

A resistência do concreto na desforma geralmente utilizada é de 3 MPa para paredes de concreto, segundo MORQUECHO (2016) e como cita SILVA (2011), a desforma deve acontecer no mínimo 15 horas depois da concretagem.

A consistência especificada para o concreto estará entre 24 e 26 centímetros no *slump test* para uso de concreto com ar incorporado segundo SANTOS (2013), isso para que o concreto tenha mais fluidez e consequentemente melhor grau de auto adensamento. Por se tratar de concreto com ar incorporado, a massa específica deve estar abaixo de 2000 Kg /m³, para que assim seja admitido como concreto leve, segundo a NBR 12655:2015.

6.2.2 JUNTAS DE TRABALHO

Segundo MACÊDO (2016), juntas de dilatação são introduzidas nos edifícios para que as partes separadas atuem como corpos rígidos independentes, ou seja, sob ação de recalques, variação térmica ou esforços. Cada parte do conjunto se movimenta lateralmente à junta, sem transmitir tensões de um para outro lado. Para que as juntas atuem com eficiência, elas devem dividir completamente a construção, sem partes contínuas ou materiais rígidos em sua composição.

Para o sistema de paredes de concreto moldadas in loco, a norma NBR 16055:2012 dispõe de tópicos que estabelecem o uso de juntas de trabalho quando alguma deformação compromete a integridade da estrutura, para esse trabalho, avaliou-se a necessidade de:

- Juntas de controle verticais a cada 8 m para paredes internas e a cada 6 m para paredes externas, podendo ser passantes ou não passantes, pré-formadas ou serradas;
- Junta horizontal, prevista imediatamente sob a última laje,
- Juntas de dilatação a cada 25 m de estrutura em planta. Este limite pode ser alterado desde que seja feita uma avaliação mais precisa dos efeitos da variação de temperatura e de retração do concreto sobre a estrutura. Inicialmente, será prevista uma junta.

6.2.3 FÔRMAS

Segundo a ABNT NBR 16055:2012, o sistema de fôrma é um ponto chave no processo executivo da obra, fornecendo o formato, a função, a aparência e a durabilidade de uma estrutura de parede de concreto. Ela define o sistema de fôrmas sendo composto de estruturas provisórias, cujo objetivo é moldar o concreto fresco. Além disso, também é sabido que esse sistema é formado por outros elementos, como painéis de fôrmas, escoramento, cimbramento, aprumadores e andaimes, incluindo seus apoios, e também a união entre as peças (MACÊDO, 2016).

Ainda referenciando à NBR 16055:2012, o sistema de fôrmas deve ser projetado e construído de modo a ter:

- resistência às ações a que possa ser submetido durante o processo de construção, considerando ações ambientais, carga de estruturas auxiliares ou temporárias, carga da estrutura permanente até que o concreto obtenha resistência ideal para remoção do escoramento e efeitos dinâmicos acidentais provenientes do lançamento e adensamento do concreto.
- rigidez suficiente para garantir as especificações do projeto e manter a integridade dos elementos estruturais, sempre dentro dos limites de tolerância exigidos.
- estanqueidade e conformidade com a geometria das peças que serão moldadas.

Segundo a ABNT NBR 16055:2012, o uso adequado possibilita o reaproveitamento de fôrmas e dos materiais utilizados para a sua construção. No entanto, numa produção com utilização sucessiva, como é o caso do trabalho em questão, devem ser verificadas as características e a capacidade resistente da fôrma e de seus materiais constituintes. As fôrmas também têm característica de moldar detalhes de fachada que nesse tipo de sistema é integrado na mesma concretagem.

Atualmente, existem diferentes tipos de fôrmas para utilização em paredes de concreto, podendo ser metálicas (aço ou alumínio), metálica com compensado de madeira e plásticas. A primeira, por ser a mais durável é a mais indicada para esse empreendimento, já que são esperadas pelo menos 150 repetições de formas por haver mais de 300 lotes no condomínio definido por RAMOS (2018).

As fôrmas metálicas são peças que dão formato e acabamento às paredes de concreto e como mencionado acima, podem ser de aço ou alumínio, sendo que a segunda opção é mais leve que a primeira.

É de extrema importância que haja um bom projeto de fôrmas, pois é imprescindível para o bom acabamento e tem influência direta e significativa no custo final da obra, portanto, fazer o projeto de fôrmas desse empreendimento é uma sugestão para trabalhos futuros, para que também possa ser mais bem analisada a implantação do material.

A NBR 16055:2012 também enfatiza que há necessidade de conferência dos escoramentos, aprumadores e alinhadores horizontais antes da concretagem, para que sejam garantidas as dimensões e também prumo e esquadro das formas como especificado no projeto, permitindo a passagem de pessoas e equipamentos para a realização do serviço (MACÊDO, 2016).

Para que as fôrmas sejam alocadas corretamente, é necessário marcar no radier as linhas das faces internas e externas das paredes, de forma que oriente o posicionamento dos painéis das fôrmas. Além disso, deve ser feita a instalação dos espaçadores no chão de modo que a distância prevista entre as fôrmas seja mantida.

6.2.4 ESCORAMENTO

Para os escoramentos, também é seguida a norma de paredes de concreto, que diz que esses devem ser projetados de modo a não sofrer, sob a ação de seu peso próprio, do peso da estrutura ou das cargas acidentais, deformações que prejudiquem a geometria e formato da estrutura da parede de concreto ou que causem esforços não previstos em projeto. Além disso, no projeto de escoramento, devem ser consideradas as deformações e a flambagem dos materiais, além das vibrações que o escoramento possa vir a sofrer.

Recalques provenientes do solo também não são bem-vindos para o sistema de escoramento, sendo que aqueles, devem ser precavidos, prevendo o uso de lastro, piso de concreto ou pranchões. Nesse empreendimento, como optou-se pelo uso de fundações em radier, esse recalque já é minimizado. Além disso, também é recomendado o uso de cunhas para regulagem de nível e no caso de escoramento metálico, devem ser seguidas as instruções do fornecedor.

6.2.5 ARMADURA

Para paredes de concreto, além do projeto arquitetônico, também deve ser apresentado o projeto de estrutura, que define a armadura a ser utilizada. Nesse projeto, deve-se atentar para alguns detalhes, como por exemplo a armadura mínima, o espaçamento entre barras de aço, no caso de uso de tela soldada, sua quantidade, além de reforços horizontais e também o cuidado com questões arquitetônicas, como o tamanho de aberturas e suas distâncias.

Seguindo a premissa de construção com elevada produtividade, opta-se pelo uso de tela de aço eletrossoldada, de aço CA-60 com indicação de armadura mínima vertical correspondente a 0,09% da seção de concreto e horizontal 0,15%, permitindo-se armadura mínima de até 40% desses valores por ser uma edificação de até dois pavimentos (ABNT NBR 16055:2012).

Inicialmente os ferros de arranque são alinhados e colocados a cada 50 centímetros (aço CA-60; $\varnothing$ 5 mm) e neles são fixadas as telas conforme a altura da parede e da laje de acordo com o projeto estrutural (SILVA, 2011).

A quantidade de tela de aço eletrossoldada variará nesse projeto, sendo que na parede de divisa das residências geminadas, deverá haver tela soldada nas duas faces, já que a geminação será concretada em uma única fase e essa parede apresenta 19 centímetros de espessura, sendo que apenas paredes com espessuras inferiores a 15 centímetros podem apresentar apenas uma tela localizada em seu centroide, o que é o caso das demais, que possuem 14 centímetros de espessura. As paredes localizadas no térreo, que envolvem a garagem e são sujeitas a choque de veículos, também deverão ser consideradas com tela soldada em suas duas faces.

Todas as aberturas do layout em questão devem apresentar reforço com armaduras horizontais nas suas faces superior e inferior, respeitando o mínimo de 0,5 cm² em cada face e comprimento que ultrapasse a abertura em no mínimo o comprimento de ancoragem da barra mais $\frac{1}{4}$ do vão horizontal da abertura. Para esse passo, deve-se seguir fielmente os passos do item 17.8 da ABNT NBR 16055:2012.

É importante lembrar que, segundo a norma de paredes de concreto, aberturas na mesma parede não têm um limite de tamanho, porém, o espaçamento entre elas deve ser averiguado para que seja tratado da maneira ideal.

Se em uma única parede houverem mais de uma abertura, deve-se verificar o seu tipo de dimensionamento, sendo que para uma abertura com dimensão na horizontal com valor genérico de a_h , o espaçamento mínimo entre elas deve ser de a_h , como mostra a Figura 23 e caso isso não ocorra, como é o caso inevitável da parede térrea localizada no fundo da residência, o trecho deve ser dimensionado como pilar ou pilar-parede.

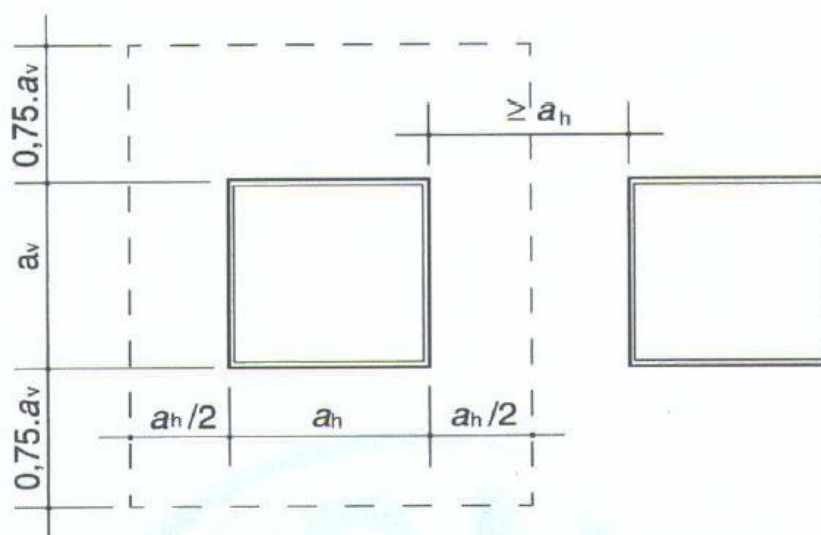


Figura 23 – Especificações para aberturas em paredes de concreto
Fonte: ABNT NBR 16055, (2012)

Para este projeto, o cobrimento da armadura foi determinado em 30 mm, tendo sido seguido fielmente o item 7.4 da ABNT NBR 6118:2014 assim como recomenda a ABNT NBR 16055:2012, sendo que o loteamento em questão fica em área urbana, configurando-se em classe de agressividade ambiental II segundo o item 6.4.2 da mesma norma.

6.2.6 CONCRETAGEM

Para o trabalho em questão, a concretagem ocorrerá a cada pavimento, de uma única vez, contemplando duas edificações geminadas. Nessa concretagem, estarão inclusas laje e escada, que terão maior destaque nos próximos tópicos. A concretagem é feita dessa forma, pois a NBR 16066:2012 exige que a edificação seja monolítica, ou seja, todos os elementos devem estar consolidados, não invadindo a seção da parede, de modo a preservar o efeito de diafragma rígido e garantir a continuidade das paredes.

O lançamento do concreto deve ser planejado, de forma que o processo não demore mais de 30 minutos para não haver a necessidade de juntas de concretagem. Nesse trabalho, opta-se por um plano de concretagem com uso de bombeamento, sendo o processo iniciado em um dos cantos (1), até preencher uma parcela das paredes próximas, depois, muda-se de posição, continuando a concretagem no canto oposto (2) e assim por diante conforme mostra a Figura 24.

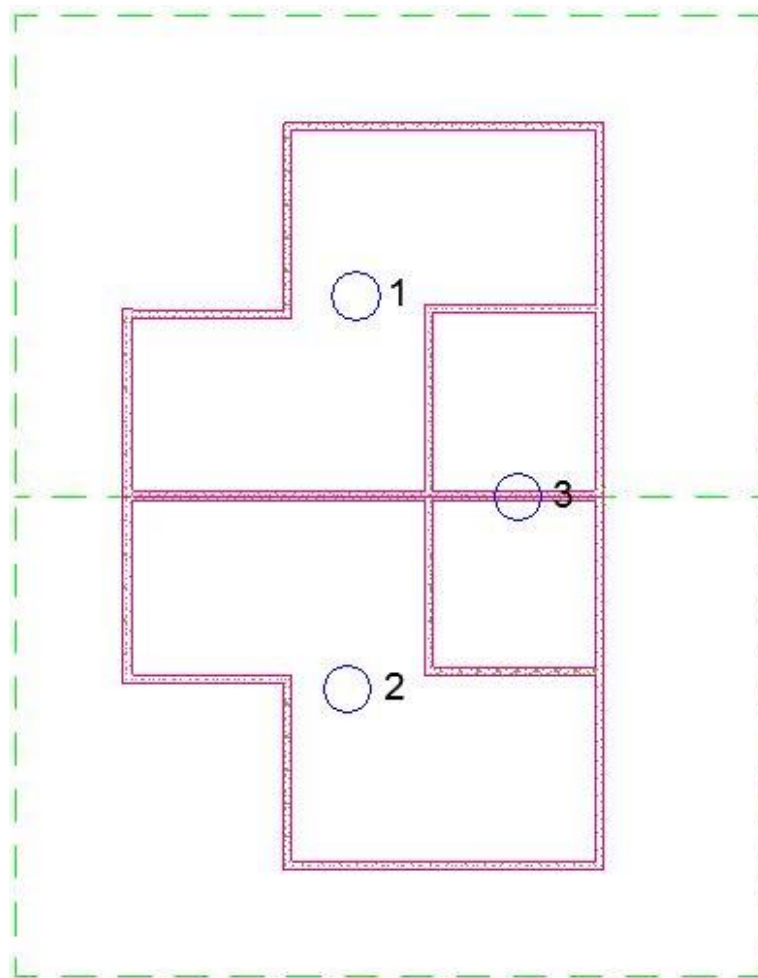


Figura 24 – Esquema de concretagem proposto
Fonte: O autor, (2019)

Caso, ocasionalmente, ocorra interrupção no lançamento do concreto e a ocorrência de junta de concretagem, devem ser tomadas precauções para que exista a ligação suficiente entre o concreto endurecido e o novo.

6.3 LAJE

O tipo de laje mais utilizada nesse sistema é a laje maciça concretada junto com as paredes de concreto. Para esse trabalho foi estudada a possibilidade do uso de lajes maciças pré-fabricadas, por fornecerem grau mais elevado de industrialização. Porém, percebeu-se que para conceber esse tipo de laje, alguns lotes do empreendimento deveriam ser “sacrificados” para que pudesse receber uma central de fabricação e o custo de implantação desse sistema aumentaria devido à necessidade de maquinário para transporte e instalação. Além disso, para o uso desse tipo de laje, também é especificado pela norma de paredes de concreto moldada no local (ABNT NBR 16055:2012) que este elemento não deve invadir a seção da parede, devendo este ser consolidado à mesma para garantir a continuidade da parede. Dessa forma, por ser mais economicamente viável, e para aproveitar o mesmo processo de concretagem utilizado para as paredes, além de fornecer a rigidez necessária para o funcionamento da estrutura como diafragma rígido, de forma que todo o conjunto trabalhe de maneira monolítica, optou-se pelo uso do sistema de lajes maciças concretadas junto com as paredes.

As lajes terão espessura de 10 cm a 12 cm, distribuindo sua carga uniformemente para as paredes de concreto. No processo de manufatura das lajes, deverão ser previstos os furos para passagem das tubulações, que serão feitas a posteriori, além dos shafts. A última laje não será concretada junto com as paredes para deixar uma junta horizontal afim de evitar fissuração. Essa mesma laje extravasará o limite da parede em todo o perímetro da edificação em 60 centímetros, formando um beiral de modo que faça sombra na edificação, o que auxilia no desempenho térmico e da edificação e durabilidade da fachada. Essa laje abriga uma platibanda que percorre todo o seu perímetro e esconde a cobertura.

6.4 ESCADA

O tipo de escada escolhido por RAMOS (2018) foi a escada tipo “jacaré”. Ela é composta por elementos pré-moldados na presença de paredes portantes capazes de suportarem as cargas provenientes do chumbamento das peças. Nesse trabalho, optou-se por fazer a escada vinculada à estrutura, devendo ser concretada juntamente com as paredes e lajes. Essa decisão foi tomada visando melhor aproveitamento de espaço, já que a

escada tipo jacaré demanda o apoio em duas paredes, o que retiraria espaço da sala de TV/Jantar. Dessa forma, apoiando-se a escada apenas na parede, se ganha o espaço necessário abaixo dessa, como ilustrado na Figura 25. Portanto, sua presença deve ser considerada no projeto estrutural e de fôrmas.



Figura 25 – Escada de concreto
Fonte: House in Rio, (2019)

Além disso, outra modificação foi feita se comparada com o modelo de RAMOS (2018), um patamar quadrado após o quarto degrau para um melhor conforto do usuário, e para facilitar o processo de concretagem. A escada possui 16 degraus e tem as dimensões apresentadas na Figura 26.

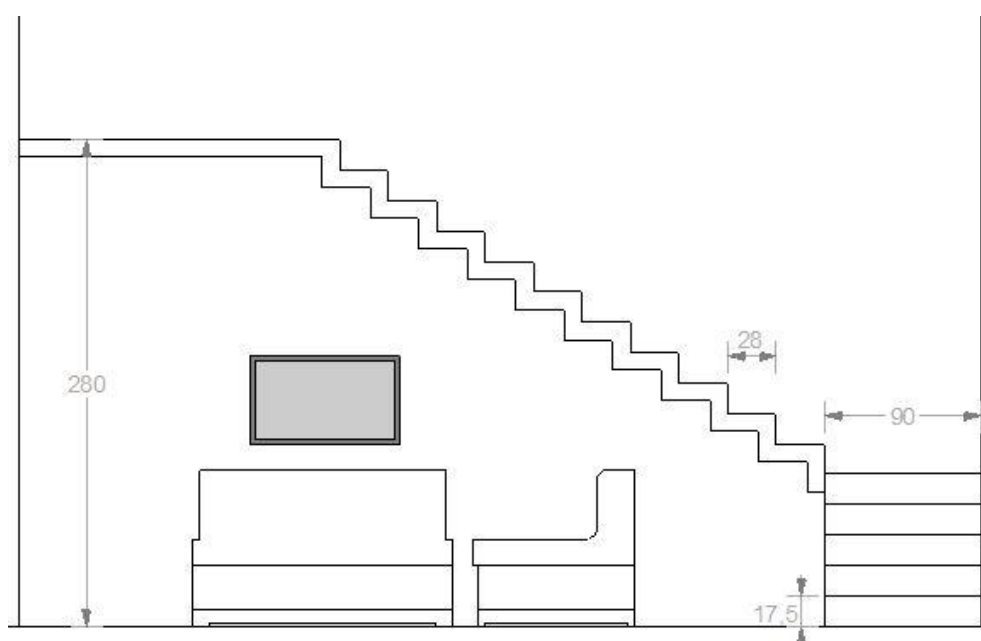


Figura 26 – Detalhes da escada de concreto
Fonte: House in Rio, (2019)

6.5 COBERTURA

Para atender as exigências de desempenho térmico, deve-se lembrar de que o resultado é reflexo de uma combinação entre o comportamento da fachada, piso e cobertura (MACÊDO, 2016).

Pensando no conforto térmico do morador, o ideal seria o uso de telhas cerâmicas ou de concreto, porém, visando a produtividade que o empreendimento exige, optou-se por fazer a cobertura com estrutura metálica de aço galvanizado, incorporando a geminação em uma única estrutura seguindo o layout de folhas proposto na Figura 27, do tipo termoacústicas para garantir o desempenho acústico mínimo exigido pela norma NBR 15575:2013.

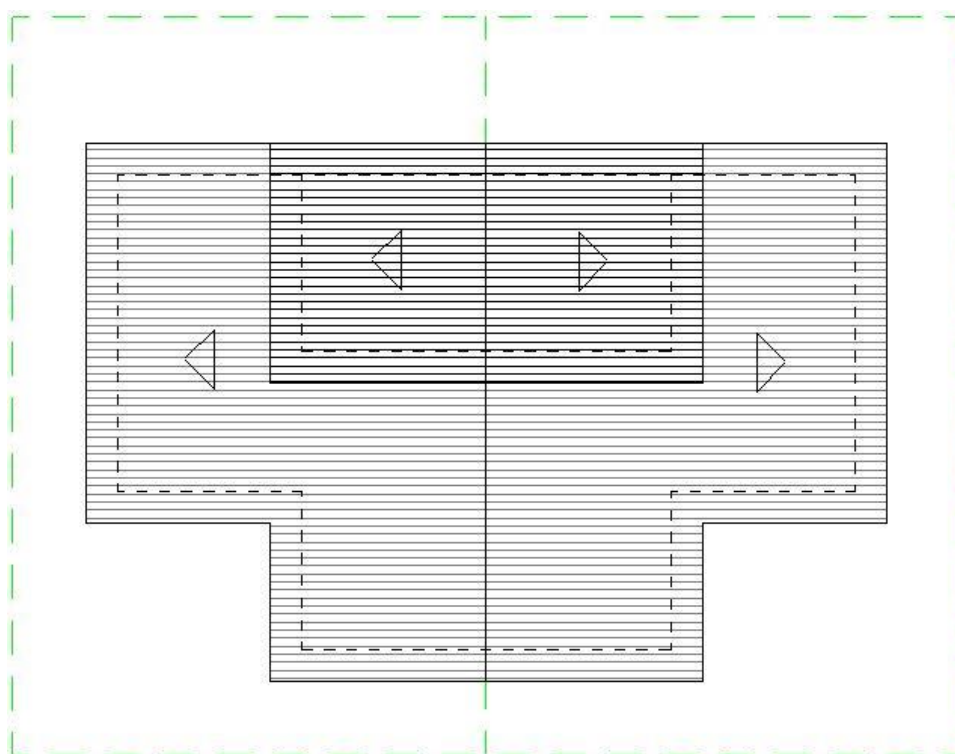


*Figura 27 – Layout proposto para cobertura
Fonte: O autor, (2019)*

Faz-se necessário também, um ático entre a laje horizontal e o telhado, de altura mínima de 50 centímetros, além disso, é aconselhado o uso de “passarinheira”, para deixar a cobertura livre para ventilação e evitar a entrada de animais, como é mostrado na figura 28.

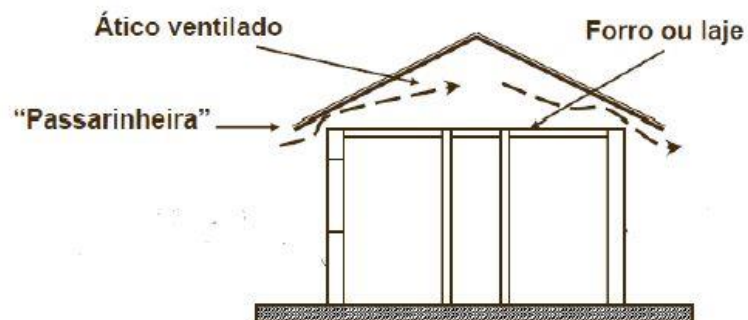


Figura 28 – Cobertura visando conforto térmico
Fonte: Adaptado de Wendler, (2009)

Porém, nesse trabalho, a ventilação será adaptada, optando-se pela colocação de aberturas nos oitões para ventilação com o uso de blocos vazados como pode-se perceber na platibanda ilustrada na figura 22.

6.6 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

De acordo com a NBR 16055:2012 Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos, não podem ser embutidas nas paredes tubulações de grandes diâmetros. Por esse motivo e para tornar a edificação mais flexível às alterações, projetou-se um *shaft* para abrigar os dutos hidrossanitários, os quais aparecem como painéis pré-fabricados parafusados à parede.

No projeto em questão está previsto a adoção de apenas um *shaft* interligando as tubulações de água e esgoto dos banheiros do andar superior e a área de serviço no térreo (Figura 29).

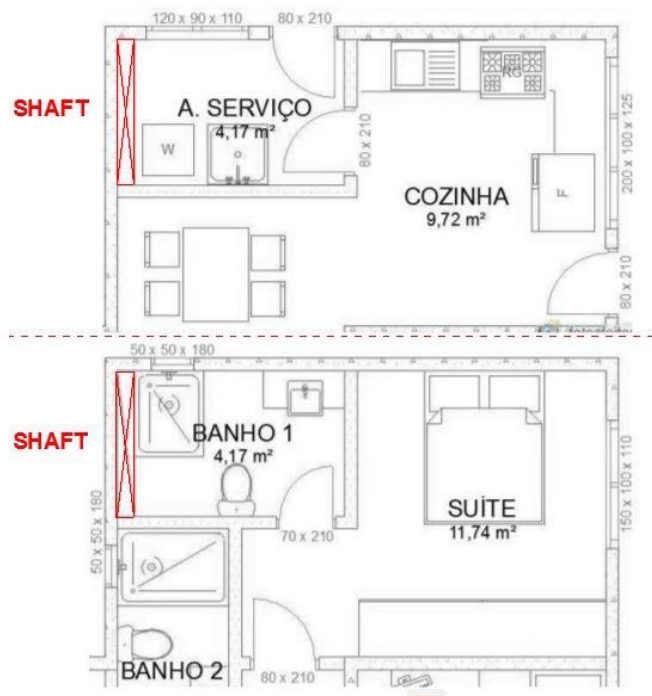


Figura 29 - Localização do shaft nos dois pavimentos
Fonte: O autor, (2019)

O caminhamento das tubulações do shaft localizado no Banheiro 2 para o Banheiro 1 será feito horizontalmente pelo forro de gesso acartonado abaixo da laje do andar térreo e alimentado por pontos de entrada e saída junto a parede em drywall que divide os banheiros. Da mesma forma é feita para a cozinha, lavabo e área de serviço, que terão tubulações passando por baixo da fundação em radier. Tubulações que ficariam expostas, ou seja, aquelas que deveriam passar por paredes de concreto, serão alojadas em *shafts* horizontais.

Para garantir qualidade final do produto visando uma boa distribuição acústica do sistema, aconselha-se prever no projeto a não fixação direta e rígida das tubulações nos elementos estruturais, para reduzir ruídos provenientes das tubulações. Além disso, as tubulações podem ser cobertas por uma manta acústica, como ilustra-se na Figura 30.



*Figura 30 - Caixa de passagem revestida com manta acústica
Fonte: Aubicon, (2019)*

Para o uso nas tubulações, optou-se pelo uso do material Polietileno Reticulado (PEX) é um polímero termoplástico visto como um produto inovador pela indústria da construção civil, esse produto pode dinamizar os processos, já que suas principais características são flexibilidade, alta resistência e memória térmica (RAMOS, 2018). O PEX, comparado a materiais mais comumente usados como o PVC, se mostra muito mais produtivo, visto que o sistema permite curvas, não precisando fazer ligações rígidas artesanais necessárias em outros tipos de materiais.

Em relação ao custo, sabe-se que processos industrializados, pré-fabricados, o custo inicial é maior devido a produção e a fatores qualidade e padronização do produto, porém, no aspecto final, visando larga escala e custos futuros com manutenção, o circuito ser realizado ponto a ponto e a qualidade do material podem reduzir no mínimo 50% do tempo gasto se comparado com o PCV e o PPR (POSSAMAI, 2013), assim sendo, o sistema PEX foi entendido como o ideal para compor o sistema de tubulação do projeto.

6.7 CONSTRUÇÃO EM GERAL

Para as paredes internas da residência serão utilizadas paredes com chapas *drywall* como representado na Figura 31. Essa técnica de vedação vertical, já é mais amplamente aceita no mercado da construção civil brasileira e facilita as customizações propostas para o cliente e também abre a possibilidade de reformas futuras, além de obter os benefícios construtivos de um sistema de vedação interna pré-fabricado e industrializado de alta produtividade e baixo desperdício.

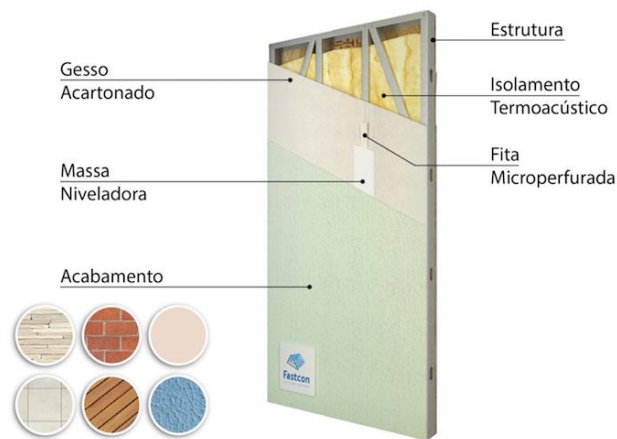


Figura 31 - Componentes de uma parede drywall
Fonte: FASTCON, (2019)

No layout padrão, as paredes situadas em áreas molhadas ou molháveis, devem ser feitas em placas de gesso acartonado do tipo resistente à umidade, da cor verde. As demais podem ser do tipo padrão, da cor bege. O acabamento final deverá ser customizado a gosto do cliente, podendo ser usado, por exemplo, cerâmica, madeira ou até pedras rústicas.

No pavimento térreo, caso o cliente deseje mais espaço interno, tem-se a possibilidade de a lavanderia ser externa a residência, com vedação própria, como o exemplo proposto na Figura 32 abaixo.



Figura 32 - Área de serviço externa a residência
Fonte: Casa e construção, (2018)

Para isolar térmica e acusticamente o ambiente, é de suma importância o uso de lã de pet, vidro ou rocha entre as placas de gesso. A lã de pet vem ganhando força no mercado

por ser reciclado, hipoalergênico, mais leve e ainda possui alta resiliência, podendo ser compactado e transportado mais facilmente, por isso, esse foi o material escolhido para compor o enchimento das paredes.

A laje do piso deverá receber manta acústica para garantir o desempenho acústico entre pavimentos. A opção do tipo de revestimento de piso ficará a cargo do cliente, sendo indicado o uso de piso laminado de madeira ou o vinílico, ilustrado na Figura 33, por sua aplicação ser fácil e rápida, com diversas opções de acabamento, não ser um material orgânico e o seu transporte ser facilitado.



Figura 33 – Piso vinílico
Fonte: m2obras, (2019)

O revestimento das paredes, por também ser nesse projeto aberto para personalização do cliente, é um ponto em que há a necessidade técnica de aconselhar o uso de fachadas claras para um melhor desempenho térmico, seja em pintura, cerâmica, pedras ou qualquer outro tipo de material, porém, essa decisão cabe proprietário.

7 ESTIMATIVA DE CUSTO DE CONSTRUÇÃO DO LAYOUT PADRÃO

O foco dessa etapa do trabalho está no levantamento e na estimativa de custo dos principais quantitativos e serviços, em se destacam os serviços que mais impactam no custo total da obra, presentes nas faixas A e B da Curva ABC de Serviço, ou seja, são os serviços que representam 80% do custo total da obra. Essa curva corresponde a uma tabela que consta todos os serviços da planilha orçamentária, com os seus

respectivos valores totais, ordenados de forma decrescente. A curva ABC corresponde ao custo total da obra, enquanto as faixas AB, como descrito antes, correspondem a 80% desse valor.

Foi realizado o levantamento dos seguintes elementos acreditando-se que compõem pelo menos 80% do valor da obra: radier, estrutura de paredes de concreto e lajes maciças, instalações elétricas e hidráulicas, paredes de *drywall*, isolamento térmico e acústico, escada, esquadria, piso interno e externo, cobertura e forro para laje.

Utilizou-se a fonte de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Índices e Custos da Construção Civil (SINAPI), elaborado pela Caixa Econômica Federal e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para chegar aos custos de cada item.

As Tabelas 4 e 5 trazem, com finalidade de comparação, o orçamento da estrutura de paredes de concreto, feito utilizando a SINAPI com custo sintético das composições unindo a mão de obra e os materiais para duas residências em reias, ou seja, uma geminação, também sendo inclusas as lajes usadas nesse tipo de sistema. A Tabela 4 se refere ao uso das paredes de 14 cm, utilizadas nesse trabalho, e a Tabela 5 diz respeito ao caso de uso de paredes com 10 cm externas e 8 cm internas, como viabiliza a NBR 16055:2012. Para efeito de comparação, não foi considerada a elevação do reservatório.

Tabela 4 - Orçamento para paredes de concreto com 14 cm de espessura (SINAPI)

ORÇAMENTO PARA PAREDES DE CONCRETO COM 14 cm DE ESPESSURA					
ELEMENTO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL
FÔRMA FACE INTERNA	m ²	483,168	15,42	7450,45056	14612,52576
FÔRMA LAJE	m ²	189,28	18,57	3514,9296	
FÔRMA FACE DE FACHADA	m ²	256,48	14,22	3647,1456	
ARMADURA PAREDES	kg	4327,68	6,74	29168,5632	38049,5808
ARMADURA POSITIVA LAJE	kg	757,12	6,88	5208,9856	
ARMADURA NEGATIVA LAJE	kg	757,12	4,85	3672,032	
CONCRETO (LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO)	m ³	63,56	947	60191,32	60191,32
TOTAL					112853,4266

Fonte: O autor, (2019)

Tabela 5 - Orçamento para paredes de concreto com 8 cm e 10 cm de espessura (SINAPI)

ORÇAMENTO PARA PAREDES DE CONCRETO COM 8cm e 10 cm DE ESPESSURA					
ELEMENTO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL
FÔRMA FACE INTERNA	m²	488,096	15,42	7526,44032	14782,85112
FÔRMA LAJE	m²	194,36	18,57	3609,2652	
FÔRMA FACE DE FACHADA	m²	256,48	14,22	3647,1456	
ARMADURA PAREDES	kg	4327,68	6,74	29168,5632	38049,5808
ARMADURA POSITIVA LAJE	kg	757,12	6,88	5208,9856	
ARMADURA NEGATIVA LAJE	kg	757,12	4,85	3672,032	
CONCRETO (LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO)	m³	49,59	947	46961,73	46961,73
TOTAL					99794,16192

Fonte: O autor, (2019)

Foi possível perceber, então, que o custo total do sistema optando por paredes 40% mais espessas, que aumentam consideravelmente o desempenho térmico e acústico, teve um aumento de R\$13.059,27, o que significa aproximadamente 13,1% do preço da estrutura, e como será mostrado a seguir, 5,1% do custo total da obra, mostrando assim a validade dessa mudança.

A Tabela 6 traz o orçamento do radier segundo o SINAPI, como é a mesma estrutura usada por RAMOS (2018), foi mantido o mesmo orçamento.

Tabela 6 - Orçamento com composição radier (SINAPI)

SINAPI	RADIER	M2	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
88309	PEDREIRO	H	8.074	19.78	159.70
88316	SERVENTE	H	119.988	13.71	1645.04
91277	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHP DIURNO.	M2	0.55	5.13	2.82
91277	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHP DIURNO.	M2	0.99	5.13	5.08
88262	CARPINTEIRO	H	10.3708	19.33	200.47
88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO	H	6.336	16.38	103.78
*	FORMA METÁLICA	M2/MÊS	1.584	80.25	127.12
39397	DESMOLDANTE	L	0.1452	19.79	2.87
96624	LASTRO GRANULAR	M3	11	83	913.00
68053	LONA PLÁSTICA	M2	114.4	5.3	606.32
88245	ARMADOR	H	16.4208	19.66	322.83
88238	AJUDANTE DE ARMADOR	H	5.4736	14.94	81.78
7156	TELA DE AÇO	M2	268.2064	2.19	587.37
337	ARAME RECOZIDO	KG	7.5262	11.95	89.94
97094	CONCRETAGEM 30MPA 10CM	M3	11	411.57	4527.27
					R\$ 9,375.39

Fonte: RAMOS, (2018)

Os demais levantamentos, mostrados na Tabela 7, foram feitos também seguindo a SINAPI com custo sintético das composições unindo mão de obra e materiais.

Tabela 7 - Orçamento sintético (SINAPI)

ELEMENTO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
PISO VINÍLICO	m ²	208	121,29	25228,32
PAREDE DE VEDAÇÃO DRYWALL	m ²	48,82	98,20	4794,12
VEDAÇÃO TERMOACÚSTICA	m ²	133	22,45	2985,85
FORRO DRYWALL	m ²	154,26	51,40	7928,96
ESCADA DE CONCRETO	m ³	1,2447	2633,90	3278,42
ESTRUTURA DE AÇO TELHADO	m ²	104	78,62	8176,48
TELHA TERMOACÚSTICA	m ²	104	150,62	15664,48
ESQUADRIAS	UNID	40	584,45	23377,80
PISO EXTERNO	m ²	70	35,48	2483,60
				93918,03

Fonte: O autor, (2019)

Definiu-se uma porcentagem de 18% como parâmetro dos orçamentos das instalações prediais, dessa maneira tem-se como estimado o custo de R\$ 255.053,28 para cada geminação, sendo então R\$ 127.526,64 para cada residência. Acredita-se que com a alta produtividade e durabilidade das formas metálicas, os custos provenientes de desperdício diminuirão ao longo da obra. Além disso, o preço está condizente com o mercado e a edificação cumpre as exigências do seu público alvo.

Obtendo-se o valor por m² construído de R\$ 2.452,44, dividindo-se o valor total pela área construída, é possível estimar o custo das áreas opcionais, como ilustra a Tabela 8.

Tabela 8 – Custo das áreas opcionais

Módulo	Área Construída (m ²)	Custo
Casa padrão	52	R\$ 127.526,64
Varanda (Opção 1)	21	R\$ 51.501,14
Garagem (Opção 2)	27,5	R\$ 67.441,97

Fonte: O autor, (2019)

Para uma comparação efetiva, foi estimado o preço de construção pelos dois diferentes tipos de sistemas construtivos. Para o primeiro, foi tomado como base de comparação o

orçamento feito por RAMOS (2018), no qual o custo da edificação foi de R\$ 177.841,95 para construção de um projeto geminado, ou seja, R\$ 88.920,98 por casa padrão. Corrigindo-se esse valor pela variação o INCC-FGV do período em 4,55% (de janeiro a maio de 2019), o valor de construção da casa padrão projetada em alvenaria estrutural ficou em R\$ 92.966,88. Comparando com o valor obtido neste trabalho para casa padrão em Paredes de Concreto armado, que é cerca de R\$ 127.526,64, vê-se que o valor é mais alto. Porém devem ser lembradas as melhorias obtidas com um maior conforto acústico e térmico, além de melhor adequação às exigências de normas e também da classe alvo desse projeto.

Verificou-se a partir do mercado que o custo das formas dado pela SINAPI é compatível com o aluguel de um jogo de fôrmas capaz de fazer um pavimento de uma geminação por dia, o que faz com que a duração da obra seja de aproximadamente 15 meses, já contabilizando os finais de semana.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo construtivo americano, inviável na maior parte do território brasileiro, devido à cultura e falta de conhecimento e normatização, traz de certa forma um olhar diferente sobre construção civil, em que podemos nos espelhar e fazer adaptações para melhor se aplicar à nossa realidade. Dessa forma, as estruturas em paredes de concreto vêm com toda a força para tornar o processo construtivo mais ágil, de melhor qualidade e com menor geração de resíduos.

Fazendo-se um comparativo do sistema de paredes de concreto com o de alvenaria estrutural, pôde-se perceber que mesmo com um preço teoricamente mais elevado, consegue-se um bom desempenho para edificações que visam uma classe econômica mais exigente, pois no layout desenvolvido foi levado em consideração vários pontos estratégicos para aumento do conforto térmico e acústico, além do aspecto visual e estrutural de robustez de uma edificação usual em um condomínio de classe média. Tudo isso contando com uma agilidade significativamente maior.

Nesse trabalho conseguiu-se fazer um paralelo entre as normas NBR 16055:2012 de paredes de concreto moldadas in loco e a NBR 15961:2011 de alvenaria estrutural em blocos de concreto, vendo a particularidade de cada uma em questões tecnológicas e

percebeu-se uma maior aproximação da primeira com uma norma mais amplamente usada, a NBR 6118:2014 de estruturas de concreto armado, sendo assim facilitado o seu uso para projeto de estruturas.

Tendo a premissa original, de trazer item por item uma sugestão de adaptação da industrialização americana e ao mesmo tempo fazendo-se uma comparação com outro tipo de industrialização mais aceita no Brasil, foi possível verificar que o método construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* tem como maior vantagem o tempo, sendo que construções desse formato podem ficar prontas com maior rapidez do que o método de alvenaria estrutural e bem mais rápido ainda do que o convencional e, além disso, a geração de resíduo de construção durante a obra cai significativamente.

O sistema analisado no layout proposto nesse trabalho, além de tudo já citado anteriormente, também tem efeito quanto à flexibilidade de personalização de cada residência, para que não haja sensação de “monotonia” do visual.

Outra limitação imposta, que assim como na aplicação em alvenaria estrutural, repercutiu positivamente em relação à racionalização e industrialização da construção, foi o uso de shaft, paredes e forros em drywall para priorizar o caminhamento das redes elétricas e hidráulicas não utilizando as paredes estruturais para embuti-las.

Resumindo, embora haja um aumento no custo inicial do empreendimento, há um ganho significativo em vários fatores, como o acústico, térmico, de tempo de obra, de limpeza, de organização no canteiro, de mão de obra reduzida e conseqüentemente o retrabalho devido à redução de processos mais artesanais presentes no sistema de alvenaria estrutural e convencional, além de proporcionar acabamento excelente se comparado com outros métodos. Assim, conclui-se que o método construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* é perfeitamente aplicável a situações como a submetida pelo layout proposto nesse trabalho, além de várias outras que podem ser melhor estudadas em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. Boletim Técnico. **Paredes de Concreto** – 2007.

ARÊAS, D. M. **Descrição do processo construtivo de parede de concreto para obra de baixo padrão**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. Parede de concreto: coletânea de ativos 2007/2008. São Paulo, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. concreto** Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupo de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961: Alvenaria estrutural com blocos de concreto**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. São Paulo 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE**. São Paulo 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055: Parede de concreto moldadas no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro, 2012.

BALTOKOSKI, P. L. C. **Comparativo Térmico e Acústico Entre os Métodos Construtivos, Alvenaria Convencional e Parede de Concreto Moldada no Local**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

BARBAR, J. S. **Influência do Teor de Ar incorporado no Desempenho de Concretos Com Diferentes Teores de Agregados**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2016.

BRAGUIM. T. C. **Utilização de Modelos de Cálculo para Projeto de Edifícios de Paredes de Concreto Armado Moldadas no Local**. 2013. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

BRASIL. Tribunal de contas da União. Acórdão 2622 / 2013. **Adoção de valores referenciais de taxas de benefício e despesas indiretas – BDI para diferentes tipos de obras e serviços de engenharia e para itens específicos para a aquisição de produtos**. Diário Oficial da União de 04 de outubro de 2013.

CAMPOS João Carlos. **Alvenaria Estrutural** - Especialização em Engenharia de Estruturas. FEB, UNESP, 2010.

CARVALHO, L. F. **Sistema Construtivo Em Paredes De Concreto Para Edifícios: Dimensionamento Da Estrutura E Aspectos Construtivos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

CARVALHO, P. P. **Desempenho Térmico de Habitações Unifamiliares de Interesse Social Com Paredes de Concreto Armado na Zona Bioclimática 2 Brasileira**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012.

CÊSTA, G. A. **Porque utilizamos paredes de concreto**. In: CONCRETE SHOW. 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Parede de Concreto – velocidade com qualidade. 2009.

COUTO, Yana A. E. **Estudo Das Vantagens E Desvantagens Do Uso De Kits Hidrosanitários Em Obras De Edificações** – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2014.

DELALIBERA, R. G. (2006). **Tópicos especiais em concreto armado. Introdução ao dimensionamento estrutural de elementos especiais de fundações**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

ESPÍNDOLA, L. R. **O Wood Frame na produção de habitação social no Brasil**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2017.

FERREIRA, A. S. **Estudo Comparativo de Sistemas Construtivos Industrializados: Paredes de Concreto, Steel Frame e Wood Frame**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

HILGENBERG NETO, M. F. **Estudo de viabilidade técnico/econômica da casa de madeira popular no estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

HIRSCHFELD, Henrique. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. 7. ed. rev. atual. ampl. São Paulo: Atlas, 2000.

HUBAIDE, E. J. **Estudo do BDI sobre o preço de obras empreitadas**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Contas Nacionais. Diretoria de Pesquisas. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 20 abr. 2019.

KATO, R.B. **Comparação Entre o Sistema Construtivo Convencional e o Sistema Construtivo Em Alvenaria Estrutural Segundo A Teoria da Construção Enxuta**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

MACÊDO, J. S. **Um Estudo Sobre O Sistema Construtivo Formado Por Paredes de Concreto Moldadas no Local**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016.

MENEZES M. F. W. Monografia. **Estudo Comparativo De Composições De Preço Unitário Dos Sistemas Sinapi-Caixa Econômica Federal E Tcpo-Pini**. - UFMG 2016.

MOLINA, Julio Cesar; JUNIOR, Carlito Calil. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira**. Londrina, v.31, n.2, p. 143-156, dez. 2010

MORCEIRO, P. C. **A Indústria Brasileira no Limiar do Século XXI: Uma Análise da Sua Evolução Estrutural, Comercial e Tecnológica**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018.

MORQUECHO, F. B. G. **Análise de Edifícios em paredes de Concreto Moldadas In Loco**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

MOTTA, Regis da Rocha; CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Atlas, 2009.

NETO, N. A. S. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NUNES, V. Q. G. **Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PAIXÃO, D. X. **Caracterização do Isolamento Acústico de Uma Parede de Alvenaria, Utilizando Análise Estatística de Energia (SEA)**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PERUZZI, A. P. **Air-entrained Concrete: Relationship between Thermal Conductivity and Pore Distribution Analyzed by X-Ray Tomography**. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, v.12 (2018), p.507-517, New York, 2018.

PONZONI, J. **Paredes de Concreto Modadas in loco: Verificação do Atendimento às Recomendações da Norma NBR 16055:2012 Nos Procedimentos Executivos Em Obra de Edifício Residencial**. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

POSSAMAI J.Z., BACK N. **Estudo Comparativo Entre Diferentes Tipos De Tubulações Nas Redes De Instalações Hidráulicas Prediais**. Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC, 2012.

RAMOS, P.P.C.C. **Projeto de um loteamento horizontal residencial com alto índice de produtividade**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018.

RIBEIRO, M. S. **A Industrialização Como Requisito Para a Racionalização da Construção**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.

SACH, H.M.; ROSSIGNOLO, J.A.; BUENO, C. **Vedações verticais em concreto moldadas in loco: avaliação do conforto térmico de habitações térreas no Estado de São Paulo**. *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, v.4, p.31-48, São Paulo, 2011.

SACHT, H. M. **Painéis de Vedação de Concreto Moldado in loco: Avaliação de desempenho Térmico e Desenvolvimento de Concretos**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

SANTOS, E. B. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. Monografia (Trabalho de conclusão de Curso). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão, 2013.

SANTOS, H. H. V. **O uso do wood frame na construção de edificações publicas escolares sustentáveis no estado do Paraná**. Monografia (Especialização). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

SILVA, F. B. **Paredes de concreto armado moldadas in loco**. Técne, 2011. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/167/artigo286799-2.aspx>> Acesso em: 14 de jun. 2019.

SOUSA, J. V. L.; ÁVILA, R. A. G. **Análise Comparativa da Viabilidade Econômica Entre os Sistemas Construtivos “Parede de Concreto” e “Alvenaria Estrutural” – Estudo de Caso**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

SOUZA, L. G. **Estudo avalia custos de diferentes sistemas de edificação de casas.** **Revista da Madeira.** Curitiba: nº 137, p. 12 – 18, outubro, 2013.

TÉCHNE – **Como Construir Paredes de Concreto** – Hugo Missurelli e Clovis Massuda – São Paulo: Editora PINI, nº 147, p. 74 - 80, junho, 2009.

TORQUATO, M. L. **Estudo comparativo quanto aos preceitos da sustentabilidade entre o método tradicional de produção e o sistema light wood framing para a construção da Biblioteca Cidadã.** Monografia (Especialização). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.