

CLÁUDIO SANTOS DE ALMEIDA

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS
ALVENARIA ESTRUTURAL E PAREDES MACIÇAS DE CONCRETO PARA
APLICAÇÃO EM OBRAS DE HABITAÇÕES POPULARES
ESTUDO DE CASO: OBRA JARDIM GIRASSOL II**

Monografia apresentada a Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Pós-Graduação *Latu Sensu*.

Área de concentração: Tecnologia e Gestão da
Produção de Edifícios.

Orientadora: Prof^a. Dra. Mércia Maria Semensato
Bottura de Barros

**São Paulo
2011**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me deu forças e determinação para concluir este trabalho e o curso, vencendo as longas distâncias e os desafios que surgiram na minha carreira no decorrer dessa jornada.

Aos mestres do curso, em especial, minha orientadora Prof^a. Dr^a. Mércia Barros pela paciência, dedicação e o conhecimento transmitido; e o Prof. Francisco Cardoso, que esteve presente em um momento fantástico de minha vida, quando representamos o curso de Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios na Universidade de Salford, em Manchester, Reino Unido em 2009.

A minha namorada Karina Mendonça, que não deixou de me apoiar e incentivar, do início ao fim do curso, pela sua grande compreensão e companheirismo.

A minha família, fonte de energia, a quem eu me esforço para ser motivo de orgulho. Célio (pai), Aparecida (mãe), Célio Jr. (irmão e melhor amigo), Erika (cunhada), Lucas e Luis Otávio (sobrinhos).

Um agradecimento especial aos engenheiros Fábio Ribeiro, Marcelo Bastos, Antônio Coutinho e Valentim Manzine, sem eles, esse trabalho não teria acontecido.

E aos colegas e parceiros de todos os trabalhos do curso, Joaquim Machado e Vitor Marzilli.

A todos, muito obrigado por fazerem parte dessa vitória!

RESUMO

O presente trabalho tem como premissa a análise comparativa entre dois sistemas construtivos - alvenaria estrutural e paredes de concreto moldadas no local – com vistas à produção de habitações voltadas à população de baixa renda, buscando analisar os benefícios financeiros e de prazo que os mesmos podem trazer para esse tipo de obra. Para tanto, levou-se em consideração o prazo de execução, custos, disponibilidade de materiais e mão-de-obra. O desenvolvimento do trabalho foi fundamentado em uma breve pesquisa bibliográfica em que se procurou registrar os conceitos de alvenaria estrutural e paredes de concreto. Além disso, houve, ainda, uma pesquisa de campo em um empreendimento de habitação popular localizada na cidade de São José dos Campos, em São Paulo, denominado Jardim Girassol II, da Construtora Tenda. A análise comparativa foi efetuada com base no projeto de campo já em andamento, e os resultados obtidos foram possíveis por meio do desenvolvimento da obra em si, servindo inclusive como premissa para a implantação dos sistemas de construção em Paredes de Concreto moldadas *"in-loco"*.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural, Paredes de Concreto Moldadas *"in-loco"*, Sistemas Construtivos, Habitações de Interesse Social.

ABSTRACT

This work is premised on the comparative analysis of two building systems - structural masonry and concrete walls cast on site - with a view to the production of housing geared to low-income, trying to analyze the financial benefits and schedule that they can bring for such work. For this purpose we took into account the lead time, costs, availability of materials and manpower. The development work was based on a brief literature review in which they looked to the concepts of structural masonry and concrete walls. Furthermore, there was also a field research in a public housing project located on the Sao Jose dos Campos City, Sao Paulo, called Sunflower Garden II of Tenda. The comparative analysis was made based on field project already underway, and results were made possible through the development of the work itself, including serving as a premise for the implementation of building systems in Concrete Walls molded in-situ.

Keywords: Structural masonry, concrete walls molded in-situ ", Building Systems, Social Housing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Conferência do eixo de referência da marcação.....	17
Figura 02: Assentamento dos primeiros blocos.....	17
Figura 03: Assentamento da primeira fiada.....	18
Figura 04: Assentamento da primeira elevação.....	18
Figura 05: Tela eletrosoldada para amarração de paredes.....	19
Figura 06: Gabaritos metálicos para vãos de janelas	19
Figura 07: Procedimentos para garantir nível e prumo da segunda elevação.....	20
Figura 08: Marcação dos moldes.....	23
Figura 09: Colocação das telas e reforços.....	23
Figura 10: Fixação das instalações embutidas nas telas.....	24
Figura 11: Colocação de espaçadores próximos às instalações.....	24
Figura 12: Camisas nas peças de travamento dos moldes.....	25
Figura 13: Aplicação de desmoldante nas fôrmas.....	25
Figura 14: Braços alinhadores.....	26
Figura 15: Separador de porta.....	26
Figura 16: Armação da Laje.....	27
Figura 17: Concretagem das paredes e laje.....	27
Figura 18: Desenforma do molde.....	28
Figura 19: Remoção dos painéis.....	28
Figura 20: Slump test.....	29
Figura 21: Flow test.....	30
Figura 22: Foto Aérea – Jardim Girassol II.....	31
Figura 23: Implantação – Jardim Girassol II.....	33
Figura 24: Etapas de Entrega – Jardim Girassol II.....	34
Figura 25: Etapa 1 – Edifícios em Alvenaria Estrutural (julho/2010).....	35
Figura 26: Terraplenagem da Etapa 3 (julho/2010).....	36
Figura 27: Imagem Folder de Vendas – Fachadas.....	37
Figura 28 – Casas 2 dormitórios – 50,22m ²	38
Figura 29: Casas 3 dormitórios – 68,00m ²	39
Figura 30: Casas 2 dormitórios (50,22m ²) – Projeto em Alvenaria Estrutural.....	42
Figura 31: Casas 2 dormitórios (50,22m ²) – Projeto em Paredes de Concreto.....	43
Figura 32 – Detalhe das Espessuras de Paredes e Largura Interna das Casas.....	44
Figura 33 – Obra Valle Verde Cotia.....	50
Figura 34 – Obra Valle Verde Cotia.....	51
Figura 35 – Projeto de Formas - Planta - Valle Verde Cotia.....	52
Figura 37 – Estudo para utilização das fôrmas da obra Valle Verde Cotia – Planta do Pav. Superior Jd. Girassol II.....	54
Figura 38 – Ciclo para a execução da estrutura em alvenaria estrutural.....	63

LISTA DE TABELAS

Quadro 01 – Identificação e “datas-marco” das etapas da obra.....	40
Quadro 02 – Análise dos Sistemas Construtivos.....	45
Quadro 03 – Análise do potencial para redução de custos.....	46
Quadro 04 – Custos das casas em alvenaria estrutural.....	47
Quadro 05 – Orçamento para aquisição de fôrmas metálicas	48
Quadro 06 – Orçamento das fôrmas metálicas - Custo equivalente por casa	49
Quadro 07 – Diferenças entre os projetos.....	55
Quadro 08 – Quadro comparativo de quantidades de peças.....	55
Quadro 09 – Orçamento para construção das casas.....	57
Quadro 10 – Custo original da obra por etapas.....	59
Quadro 11 – Previsão de economia com a mudança do sistema.....	60
Quadro 12 – Identificação e “datas-marco” das etapas da obra.....	60
Quadro 13 – Cronograma físico da obra.....	61
Quadro 14 – Identificação e “datas-marco” das etapas da obra.....	62
Quadro 15 – Cronograma Físico original para a construção das casas.....	62
Quadro 16 – Comparativo para a execução da estrutura das casas.....	64
Quadro 17 – Cronograma Físico proposto para a construção das casas.....	64
Quadro 18 – Cronograma físico da obra.....	65

SUMÁRIO

	<i>Página</i>
1 INTRODUÇÃO.....	08
1.1 Justificativa.....	08
1.2 Objetivo.....	09
1.3 Metodologia.....	09
1.4 Estruturação do Trabalho.....	10
2 A PRODUÇÃO DE HABITAÇÕES POPULARES NO BRASIL.....	11
2.1 Panorama atual da construção de habitações populares no Brasil.....	11
2.2 O Processo Construtivo de Alvenaria Estrutural	14
2.2.1 Procedimentos para a execução de Alvenaria Estrutural.....	17
2.2.2 Controle de qualidade do processo de Alvenaria Estrutural.....	20
2.3 O Processo Construtivo de Paredes Maciças de Concreto.....	21
2.3.1 Procedimentos para Execução de Paredes de Concreto.....	22
2.3.2 Controle de qualidade do processo de Paredes de Concreto.....	29
3 ESTUDO DE CASO – CONDOMÍNIO JARDIM GIRASSOL II.....	31
3.1 O Empreendimento.....	31
3.2 A Retomada da Obra.....	34
3.3 Unidades Habitacionais.....	37
3.4 Projetos.....	41
3.5 Estudo de Viabilidade para Mudança do Sistema Construtivo.....	45
3.6 Estudo para aproveitamento das fôrmas de outra obra.....	49
3.7 Orçamento de mão-de-obra e locação de fôrmas.....	56
4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS.....	59
4.1 Análise de Custos.....	59
4.2 Análise de Prazo.....	62
4.3 Análise do Sistema Proposto.....	65
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Atualmente a construção civil no Brasil está caminhando para um maior nível de industrialização. A retomada dos programas de habitação para as populações de mais baixa renda fez com que as construtoras do país buscassem alternativas para produzir casas em larga escala com maior velocidade e a preços reduzidos. Os processos construtivos mais utilizados pelas empresas têm sido o sistema de alvenaria estrutural, que segue evoluindo ao longo dos anos, principalmente no que diz respeito à racionalização; e, mais recentemente, o sistema de paredes de concreto moldadas “*in loco*”, que demanda alto investimento, porém pode viabilizar o empreendimento devido a potencial rapidez do processo construtivo.

O emprego da alvenaria como elemento estrutural de suporte em edificações vem sendo largamente ampliado, em especial por possibilitar redução nos custos de produção das unidades habitacionais. As tipologias mais utilizadas por esse sistema são edificações multifamiliares de 3 a 5 pavimentos, com o emprego de bloco cerâmico ou bloco vazado de concreto, ambos com função estrutural.

As casas em paredes de concreto estão sendo construídas com base no modelo usado há mais de dez anos para atender o programa habitacional do governo mexicano¹. Esse sistema usa fôrmas modulares, que são montadas no local da obra, incorporando as instalações hidráulicas e elétricas que ficam embutidas nas fôrmas e, depois, são preenchidas com concreto. Com isso, o tempo médio da construção de uma casa cai de 70 dias consumidos para produção com alvenaria comum, para 20 dias² (TÉCHNE, 2010).

Além da velocidade e da economia de custos, os métodos industriais também reduzem o desperdício. Na parede de concreto, depois de desenformada, a casa já está pronta para ser pintada (FONSECA JUNIOR, 2011).

¹ Mesmo modelo utilizado no Brasil por ocasião dos empreendimentos do BNH, na década de 1980.

² Construtoras apostam na diversificação dos sistemas construtivos para atender aos segmentos econômico e supereconômico. Alvenaria estrutural e paredes de concreto viabilizam a maioria dos empreendimentos (Revista Técnica, 2010).

A alvenaria estrutural exige, ainda, mão de obra qualificada para a sua produção, uma vez que a regularidade geométrica será função da qualidade de execução. As paredes maciças, por sua vez, dependem menos da mão de obra, uma vez que as fôrmas são o referencial para toda a execução.

Portanto, analisar os dois sistemas frente às suas vantagens e desvantagens é fundamental para a tomada de decisão. Por isto, o presente trabalho tem como foco um estudo sobre a viabilidade de mudança do sistema construtivo de casas de alvenaria estrutural, para paredes de concreto moldadas "in-loco", visando à redução do tempo de construção das casas e também a viabilização econômica do empreendimento.

1.2 Objetivo

O objetivo deste estudo é fazer uma análise da viabilidade de substituição do processo construtivo da obra do Condomínio Jardim Girassol II, de Alvenaria Estrutural para Paredes Maciças de Concreto, com enfoque no prazo e no custo do empreendimento, utilizando como parâmetro, o pré-orçamento da obra.

1.3 Metodologia

A metodologia deste estudo se resume a:

- Análise dos sistemas de alvenaria estrutural com blocos de concreto;
- Análise dos sistemas de paredes maciças de concreto moldadas no local;
- Análise comparativa entre os dois sistemas visando à tomada de decisão por um deles para a realização do empreendimento objeto do estudo de caso.

Num primeiro momento, os sistemas serão analisados separadamente, quanto ao processo construtivo e suas etapas de execução, a partir de referências bibliográficas que tratam dos temas.

Na seqüência, será feita uma explanação do projeto do Condomínio Residencial Jardim Girassol II, da Construtora Tenda. Empreendimento localizado no Município de São José dos Campos, Estado de São Paulo, com um total de 520 unidades.

Por fim, será feita uma análise dos dois processos construtivos com foco para a obra em questão, expondo as vantagens e desvantagens de cada sistema em relação ao custo e prazo de execução, assim como os elementos que levaram à escolha por paredes de concreto, os benefícios e as conseqüências da mudança do sistema.

1.4 Estruturação do Trabalho

O trabalho aqui exposto foi desenvolvido de acordo com os objetivos propostos, para tanto segue uma seqüência de informações a fim de expor os conceitos que abrangem o tema.

Portanto o primeiro capítulo buscou compilar dados bibliográficos a fim de estudar os temas que envolvem o assunto. Primeiramente analisou-se a produção de habitações populares no Brasil, por meio da exposição do panorama atual e suas implicações para a sociedade.

Também neste capítulo analisou-se o Processo Construtivo de Alvenaria Estrutural, levantando dados acerca do tema para uma melhor compreensão do mesmo, tais como procedimentos e controle de qualidade.

Em seguida também se analisou o Processo Construtivo de Paredes Maciças de Concreto, por meio da pesquisa sobre os procedimentos utilizados para a execução da fundação e da estrutura das casas.

O segundo capítulo teve como foco um estudo de caso, empreendimento em desenvolvimento denominado de Condomínio jardim Girassol, na cidade de São José dos Campos, em São Paulo. A proposta do estudo de caso foi desenvolver uma análise comparativa entre os processos construtivos de alvenaria estrutural e paredes maciças de concreto. Em seguida desenvolveu-se um capítulo específico sobre a análise comparativa citada, onde se desenvolveu uma análise de custos e prazos, procurando evidenciar os benefícios de cada sistema construtivo.

2 A PRODUÇÃO DE HABITAÇÕES POPULARES NO BRASIL

2.1 Panorama atual da construção de habitações populares no Brasil

Com as mudanças econômicas e sociais que transformaram o Brasil a partir da década de 90, observa-se uma intensa mobilização da cadeia produtiva da construção civil na busca de competitividade.

Com o objetivo de induzir à melhoria na qualidade do setor da construção civil nacional, sem diminuir a competição pelas empresas, o Governo Federal propôs no âmbito do PBQP-H³ um sistema de conformidade de caráter evolutivo. Esta iniciativa foi fortemente baseada no programa QUALIHAB⁴, desenvolvido no estado de São Paulo.

O PBQP-H foi iniciado em 1998 com o objetivo de difundir novos conceitos de qualidade, gestão e organização da produção. Inicialmente estabeleceu um Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras (SIQ-C), baseados nos requisitos da ISO 9001 (2000). O SIQ-C foi revisado e ampliado em março de 2005, e passou a se chamar Sistema de Avaliação da Conformidade de Serviços e Obras – SiAC (PBQP, 2010).

O SiAC tem como objetivo “avaliar a conformidade do sistema de gestão da qualidade das empresas de serviços e obras, considerando as características específicas da atuação dessas empresas no setor da construção civil, e baseando-se na série de Normas ISO 9000” (REGIMENTO SiAC, 2005).

O SiAC propõe a avaliação da qualidade do setor em quatro níveis: D (declaração de adesão), C, B e A. O nível A é o patamar mais alto e requer uma auditoria de certificação de sistemas da qualidade semelhantes àquela exigida pela ISO 9001. Esses programas visam utilizar o poder de compra do Governo para demandar melhor qualidade

³ O Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) foi iniciado no ano de 1998, concebido a partir de um programa de qualidade mais amplo, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP), que foi criado em 1991 pelo Governo Federal (RICHTER, 2007).

⁴ Fundado em 1996 pelo Governo do Estado de São Paulo, o QUALIHAB tem como objetivo aperfeiçoar a qualidade das habitações, envolvendo os materiais e componentes empregados, enfocando os projetos e obras realizadas, através da parceria com o meio produtivo, firmando acordos setoriais no Estado de São Paulo (Fonte: CDHU, 2010).

na produção de empreendimentos da construção. Tais iniciativas têm como objetivo induzir à modernização da indústria da construção civil (REGIMENTO SiAC, 2005).

Em abril de 2009, o Governo Federal lançou o pacote habitacional chamado Minha Casa Minha Vida, com a meta de construção de 1 milhão de moradias. Esse programa tem o objetivo de estimular a criação de empregos e de investimentos no setor da construção, e também ser uma política social em grande escala. O volume de subsídios que mobiliza 34 bilhões de reais, para atender a população de 0 a 10 salários mínimos de rendimento familiar (ARANTES, 2009).

Atualmente se observa outros programas desenvolvidos pela Secretaria da Habitação do Governo do Estado de São Paulo, tais como (SECRETARIA DA HABITAÇÃO, 2011):

- Programa Parceria com Municípios: foi desenvolvido para oferecer à população de baixa renda a oportunidade de adquirir a casa própria. O programa é voltado para o atendimento de famílias não proprietárias, que paguem aluguel ou morem em coabitação (quando mais de uma família mora na mesma casa), por meio da construção de novas moradias em parceria com os pequenos e médios municípios do Estado de São Paulo.
- Parceria com Associações e Cooperativas: este Programa foi desenvolvido com o objetivo de atender as Associações e Cooperativas, com a utilização de terrenos inseridos nos municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A construção destes empreendimentos conta com a participação das Entidades Organizadoras (Associações Comunitárias ou Cooperativas Habitacionais) em todo o processo - desde a indicação do terreno até a implantação do condomínio.
- Moradia Rural: este programa foi desenvolvido para famílias de trabalhadores que, de forma geral, estão ligadas à atividade rural, residentes na área rural ou urbana dos municípios, por meio de diversas soluções de atendimento adequadas às suas características.
- PHAI - Programa Habitacional de Integração: este programa tem por objetivo atender aos servidores públicos estaduais ativos, financiando imóveis novos ou

usados através de concessão de cartas de crédito pelo Banco Nossa Caixa / Banco do Brasil, com subsídios (auxílio temporário na prestação) da SH/CDHU. O atendimento previsto pelo programa busca aproximar o local de moradia do local de trabalho, dando preferência às famílias de servidores que trabalhem próximo das habitações ofertadas. Com isto promove melhorias na qualidade de vida e no desempenho profissional dos servidores públicos, com a redução de tempo da locomoção da casa para o trabalho.

- **Atuação em Cortiços:** este programa foi desenvolvido para garantir a melhoria da qualidade de vida das famílias moradoras em cortiços, além de readequar imóveis e preservar áreas urbanas centrais dos municípios.
- **Urbanização de Favelas:** este programa tem por objetivo atender aos moradores de favelas e assentamentos precários visando à melhoria das condições de moradia e integração urbana.
- **Programa Parceria com Entidades Representativas dos Trabalhadores:** este programa terá por objetivo o atendimento habitacional por meio da construção de novas moradias para população organizada através das entidades representativas dos trabalhadores - sindicatos. Esta proposta procura valorizar as parcerias público privadas e de buscar a participação de diversos setores, com maior eficiência, maior agilidade e melhores resultados na execução da política de habitação.

O objetivo do governo federal é dirigir o setor imobiliário para atender à demanda habitacional de baixa renda, que o mercado por si só não alcança. Ou seja, é fazer o mercado habitacional finalmente incorporar setores que até então não tiveram como adquirir a mercadoria moradia de modo regular e formal. *Se as "classes C e D" foram descobertas como "mercado" por quase todas as empresas nos últimos anos, ainda havia limites, numa sociedade desigual e de baixos salários, para a expansão no acesso a mercadorias caras e complexas, como a moradia e a terra urbanizada (ARANTES, 2009).*

Assim, com o lançamento de programas de habitação as empresas de construção civil estão vivenciando oportunidades inéditas, até mesmo as pequenas e médias empresas do ramo.

Muitas empresas tinham apenas como foco a construção de imóveis para a classe média. Porém, desde 2008 pode-se perceber um crescimento das classes D e E para a classe C, e neste sentido as empresas resolveram direcionar seus esforços exclusivamente para unidades habitacionais com valores entre 37 mil e 120 mil (FALCÃO, 2010).

Vê-se, portanto, que o mercado de habitação popular está numa fase muito promissora, e, para tanto, a disponibilidade de tecnologias construtivas adequadas à demanda é fundamental.

2.2 O Processo Construtivo de Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural é um processo construtivo que se caracteriza pelo uso de paredes como principal estrutura suporte do edifício, dimensionada através de cálculo racional. É um sistema construtivo que se obtém uma segurança determinada, um grande potencial de racionalização e uma simplicidade de organização na sua execução.

Essa tecnologia tem sido amplamente empregada na construção civil brasileira, sendo o segmento de empreendimentos habitacionais de baixa renda uma de suas principais aplicações. Nesse segmento de mercado, a qualidade das edificações tem sido estudada por diversos autores.

É um sistema construtivo que utiliza componentes industrializados com dimensões e massa que os tornam manuseáveis, ligados por argamassa, tornando o conjunto monolítico. Os componentes são blocos que podem ser de cerâmica, de concreto ou sílico-calcáreo, assim como outros pré-fabricados, como vergas e contravergas, por exemplo.

Neste item apresenta-se o processo construtivo de alvenaria estrutural abordando-se as primeiras construções e a forma com que é executada atualmente, além do conceito de Construção Racionalizada, que se aplica, não somente a construções em alvenaria estrutural.

Pode-se dizer que a alvenaria estrutural é uma antiga tecnologia construtiva, uma vez que até o início do século passado este tipo de alvenaria sempre fora utilizado, visto como o mais seguro e durável e o único aceito na estruturação de edificações de grande porte (BONACHESKI, 2007).

Antigamente as construções eram projetadas empiricamente, com técnicas construtivas derivadas de experiências anteriores. No Brasil, as primeiras construções similares a esta foram erguidas utilizando esse sistema construtivo. O exemplo mais destacado dessa utilização é o Teatro Municipal, inaugurado em 1911 e totalmente estruturado em paredes de alvenaria armada (ABCP, 2010).

Segundo Silva (2007), no início do século XX, quando surgiu o concreto armado foi que a indústria do aço buscou desenvolver novos processos de produção. Isto trouxe a nova “Nova Arquitetura”, um novo conceito que revolucionou a construção civil.

Apesar da utilização tradicional da alvenaria como estrutura suporte, na década de 70, além do início da produção de blocos sílico-calcários, foi introduzida uma revolucionária inovação neste campo - os Processos Construtivos de Alvenaria Estrutural (PCAE), conhecidos pela sua forma simplificada – alvenaria estrutural. Após anos de adaptação e desenvolvimento no País esta tecnologia foi consolidada na década de 80, através de normalização oficial (da ABNT e posteriormente referendada pelo INMETRO) consistente e razoavelmente completa. Anos depois, outras tecnologias construtivas foram importadas e adaptadas, mas a alvenaria estrutural nunca perdeu seu espaço.

A diferença fundamental entre o uso tradicional da alvenaria como estrutura, prática mais comum até os anos 70, e os Processos Construtivos em Alvenaria Estrutural (PCAE) é que estes últimos são de dimensionamento e construção racionais, enquanto que, na alvenaria convencional, as estruturas são dimensionadas e construídas empiricamente. O dimensionamento através de cálculo estrutural, com fundamentação técnico-científica, permite a obtenção de edifícios com segurança estrutural conhecida, semelhante à obtida com estruturas reticuladas de concreto armado, e compatível com as exigências da Sociedade Brasileira para edifícios multipavimentos (SABBATINI, 2002).

No dimensionamento racional da alvenaria estrutural, da mesma forma que no dimensionamento de estruturas reticuladas, empregam-se modelos matemáticos que simulam o comportamento físico do edifício e permitem, através de métodos determinísticos e semiprobabilísticos, inferirem a segurança das estruturas e prever o grau de risco de falência estrutural. Também, como no caso das estruturas de concreto armado, para que o nível de segurança teórico seja obtido na etapa de construção são estabelecidos com rigor às características dos materiais estruturais, os processos e métodos construtivos e a metodologia de controle tecnológico a ser empregada (SABBATINI, 2002).

Porém, foi no início dos anos 80 que a alvenaria estrutural começou a ser reconhecida na construção civil, ao grande número de projetos de Conjuntos Habitacionais que começaram a utilizar o conceito. Era evidente a sua importância para se alcançar índices de custos baixos, uma vez que tais projetos eram voltados para construções de “baixa renda” (VILELA, 2010).

Assim, frente ao seu potencial de redução de custos, foram muitas as construtoras e produtoras de blocos que buscaram investir nessa tecnologia. Porém, problemas também foram vistos, devido à inexperience de alguns profissionais, que trouxeram diversos problemas nesse tipo de edificação, fazendo com que o processo da alvenaria estrutural desacelerasse. Porém, devido às grandes vantagens econômicas em relação ao sistema construtivo convencional, este conceito voltou a crescer nos anos 90, quando diversos profissionais buscaram soluções para os problemas patológicos observados (VILELA, 2010).

Também nos anos 90 começou-se a observar os esforços para a normalização do sistema construtivo que traria um grande desenvolvimento tecnológico no Brasil, com a formação de novos centros de pesquisa e a disseminação da produção de edifícios de médio padrão.

A alvenaria estrutural, portanto, conseguiu manter-se devido às vantagens que trazia, para a produção de habitações de baixo, médio e alto padrão, com edifícios de 15 a 20 pavimentos (VILELA, 2010).

2.2.1 Procedimentos para a execução de Alvenaria Estrutural

Este tópico tem como objetivo analisar os procedimentos para a execução de Alvenaria Estrutural racionalizada. Para tanto, utilizou-se como referência, o Padrão Técnico Operacional utilizado pela Construtora Tenda.

A alvenaria estrutural inicia-se com a marcação, processo em que se distribuem os pontos de referência dos eixos da obra, a área deve estar completamente desobstruída para não dificultar a conferência dos eixos (figura 01).



Figura 01: Conferência do eixo de referência da marcação
Fonte: Construtora Tenda

Os primeiros blocos são assentados nas quinas externas do edifício, seguindo o projeto de modulação da parede, como mostra a figura 02 (Construtora TENDA).



Figura 02: Assentamento dos primeiros blocos
Fonte: Construtora Tenda

Após o assentamento dos blocos confere-se a medida até o eixo e após esta liberação, deve-se esticar a linha de nylon entre os blocos das extremidades, que servirá como alinhamento para a execução do restante das paredes (Figura 03).

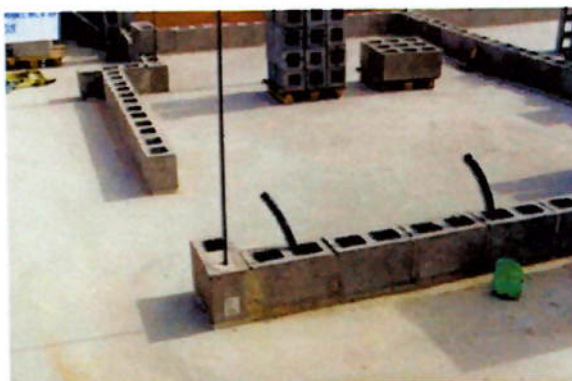


Figura 03: Assentamento da primeira fiada
Fonte: ABCP

Em seguida, inicia-se a primeira elevação, quando se busca a referência de nível para a fiada de canaleta, onde deverá ser marcado na barra de ferro do ponto de graute. Assim, os blocos são assentados nas extremidades de cada parede, que devem ser conferidos com o prumo em relação à fiada anterior (figura 04).



Figura 04: Assentamento da primeira elevação
Fonte: DT Engenharia

As juntas devem ser feitas de forma que haja regularidade na espessura da argamassa e esta espessura deve ser em torno de 1 cm. A argamassa não deve ser

utilizada se ultrapassar duas horas e meia de preparo sem ser aplicada (Construtora TENDA).

Durante o assentamento da elevação, devem-se colocar telas eletrosoldadas a cada 2 fiadas para a amarração das paredes de vedação transversais (figura 05).



Figura 05: Tela eletrosoldada para amarração de paredes
Fonte: Construtora Tenda

Para garantir o alinhamento dos vãos de portas e janelas observando a modulação da alvenaria, deverão ser utilizados gabaritos metálicos, conforme ilustrado na figura 06.



Figura 06: Gabaritos metálicos para vãos de janelas
Fonte: Concreteshow 2008

O próximo passo é o grauteamento horizontal e vertical. Antes de iniciar o grauteamento, deve ser conferida, a limpeza através do furo de inspeção. Todo o grauteamento não deve ultrapassar uma altura de 1,40m sem executar canaleta na primeira metade do pé direito. Os locais a serem grauteados devem ter furos de dimensões mínimas de 7,5cm de largura por 10cm de altura ao pé de cada vazio a grautear (Construtora TENDA).

Ao se iniciar a segunda elevação, é muito importante acompanhar o nível e prumo das primeiras fiadas, para evitar problemas com a fachada (figura 07).



Figura 07: Procedimentos para garantir nível e prumo da segunda elevação
Fonte: Concreteshow 2008

Assim como na primeira elevação, a última fiada é canaleta, mas só deverá ser devidamente grauteada após a montagem do assoalho para que os funcionários não tenham que levantar peso acima da cabeça atendendo a NR 18.

2.2.2 Controle de qualidade do processo de Alvenaria Estrutural

O controle de qualidade do processo de Alvenaria Estrutural inicia-se com a Dosagem Experimental, que tem por finalidade estabelecer o traço da argamassa ou do graute para que estes tenham resistência e a trabalhabilidade previstas em projeto.

Em seguida utiliza-se a Amostragem e Ensaio, que para argamassas, grautes, prismas ocos e prismas cheios, o parâmetro de controle deve ser a resistência a compressão aos 7 e 28 dias.

A análise de resultados que integra o controle de qualidade, consta de um controle tecnológico que deverá enviar relatório de ensaio aos 7 e 28 dias contendo as informações do local e data de aplicação, traços, resistências características e forma de ruptura. No caso da resistência esperada não ser atendida, o calculista deverá ser consultado, aprovando ou não o lote.

2.3 O Processo Construtivo de Paredes Maciças de Concreto

O Sistema Construtivo de paredes maciças de concreto não possui normas brasileiras estabelecidas. É, por isto, considerada uma inovação tecnológica, sendo objeto de avaliação do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores (SINAT). Segue, assim, os procedimentos previstos no inciso IX do Art. 2º do Capítulo II – Das Definições do Regimento do SINAT.

A avaliação de Desempenho prevista para o sistema tem como referência os requisitos gerais de desempenho prescritos na norma técnica brasileira – ABNT NBR 15.575 de 12 de Maio de 2008 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho. Especificamente para a avaliação de sistemas baseados na execução de paredes e/ ou lajes de concreto armado (concreto normal e concreto com ar incorporado), moldados no local, com fôrmas removíveis existe a denominada Diretriz SiNAT n º001”.

O sistema é inspirado em experiências consagradas e bem-sucedidas de construções industrializadas em concreto celular (sistema Gethal) e concreto convencional (sistema Outinord), que eram mundialmente conhecidas nas décadas de 70 e 80. Porém, devido à falta de escala e de continuidade de obras nesses padrões, essas tecnologias não se consolidaram no mercado brasileiro (MISURELLI e MASSUDA, 2009).

Além do histórico de obras realizadas, existem estudos e ensaios efetuados por entidades técnicas em que foi verificado o atendimento a requisitos de desempenho.

Estes estudos e ensaios, também tomados como referências para avaliações técnicas de desempenho, foram elaborados pelos seguintes laboratórios:

- Instituto Falcão Bauer da Qualidade – IFBQ
- Universidade Federal de Minas Gerais - Fundação Christiano Ottoni/UFMG
- Memória de Cálculo Estrutural – Paredes
- Universidade Federal de Pará – UFPA- Certificado de Qualificação
- Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP-NUPECON- Desempenho Térmico
- Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG- Desempenho UFMG Acústico
- Instituto de Pesquisa Tecnológicas – IPT- Resistência ao fogo
- Certificado de Garantia – Revestimento Metálico

2.3.1 Procedimentos para Execução de Paredes de Concreto

Para a exposição do desenvolvimento de execução da estrutura das casas utilizaram-se neste tópico, os procedimentos expostos pela empresa HOMEX Construtora e Incorporadora.

O processo construtivo utilizado necessita que os serviços que precedem a construção da estrutura das casas sejam rápidos, portanto recomenda-se a execução de radier diretamente apoiado em terreno compactado, de acordo com as exigências de projeto, já com as instalações embutidas. A execução desse tipo de fundação tem a duração de 1 dia e permite acompanhar o ciclo de construção da estrutura.

Como o estudo se trata da comparação entre os sistemas construtivos, sendo que o enfoque é a construção da estrutura, não será detalhada a execução das fundações. A execução da estrutura das casas inicia-se com a marcação dos moldes, que servirá para permitir um alinhamento rápido e preciso do molde durante a montagem, evitando movimentos e impedindo que os danifique (Figura 08).



Figura 08: Marcação dos moldes
Fonte: Homex Construtora

Em seguida coloca-se a malha eletrosoldada junto aos arranques, amarrando-as com arame recozido, de modo a não obstruir a colocação das peças de travamento das formas e, por fim, as barras de reforço onde necessário, conforme figura 09.



Figura 09: Colocação das telas e reforços
Fonte: Homex Construtora

Deve-se haver um cuidado especial com as instalações embutidas, tanto hidráulicas quanto elétricas, para impedir movimentações durante a concretagem e até a conseqüente

penetração de concreto em seu interior. Recomenda-se a fixação das tubulações na tela eletrosoldada com arame, conforme figura 10.



Figura 10: Fixação das instalações embutidas nas telas
Fonte: Homex Construtora

A utilização de espaçadores é fundamental para garantir o recobrimento mínimo das armações e a movimentação das tubulações, uma vez que elas estejam fixadas na armação. Recomenda-se colocar espaçadores próximo às saídas das tubulações, reduzindo o risco de movimentação, e assegurar de que as saídas das tubulações estão faceando os moldes e protegidas para não penetrar concreto em seu interior (Figura 11).



Figura 11: Colocação de espaçadores próximos às instalações
Fonte: Homex Construtora

Para a montagem dos moldes, são recomendados alguns procedimentos para garantir a integridade das peças e aumentar sua vida útil. Um deles é a colocação de “camisas” nas peças de travamento das formas. As camisas são recobrimentos sintéticos que permitem a retirada das peças depois de concretado o molde (Figura 12).



Figura 12: Camisas nas peças de travamento dos moldes
Fonte: Homex Construtora

A aplicação do desmoldante é fundamental para que o molde tenha a vida útil almejada, além do que, garante um excelente funcionamento, já que a correta aplicação deste facilitará a desenforma e minimizará o uso de alavancas ou qualquer outra ferramenta que provoque esforços que possam danificar os painéis (Figura 13).



Figura 13: Aplicação de desmoldante nas fôrmas
Fonte: Homex Construtora

Após a aplicação do desmoldante, deverão ser colocados os alinhadores que garantirão que o molde trabalhe como uma única peça, tornando-o ainda mais rígido para que suporte da melhor maneira as cargas e assegurando que não sofrerá deformações no momento das cargas por movimentações bruscas ou da própria concretagem (figura 14).



Figura 14: Braços alinhadores
Fonte: Homex Construtora

Também é necessária a utilização de separadores de porta para manter o vão já que tanto as portas quanto as janelas são pré-fabricadas e necessitam de um controle rigoroso em suas dimensões. Estas peças são colocadas na parte inferior da porta e fixadas aos moldes através de pinos e cunhas, garantindo assim a distância de vão necessária (figura 15).



Figura 15: Separador de porta
Fonte: Homex Construtora

Após a conclusão da montagem é importante verificar o prumo do molde, a distância entre extremos, os esquadros, os ajustes dos acessórios de fixação, os alinhadores assim como se as medidas estão de acordo com os projetos arquitetônicos e de modulação (HOMEX – Construtora e Incorporadora).

Com todas as fôrmas das paredes montadas, inicia-se a montagem da laje, que pode ser maciça ou pré-moldada, dependendo do projeto. Porém, ambas as soluções possibilitam a concretagem da laje no mesmo dia das paredes (Figura 16).



Figura 16: Armação da Laje
Fonte: Homex Construtora

Após a armação da laje inicia-se a concretagem, onde o molde deve ser continuamente revisado para corrigir o máximo as fugas de concreto (Figura 17).



Figura 17: Concretagem das paredes e laje
Fonte: Homex Construtora

Uma vez concretado o molde e transcorrido tempo de cura, verifica-se em laboratório se a resistência do concreto foi alcançada, podendo assim iniciar a desenforma (figura 18). Para o ciclo de 1 dia para a estrutura, deseja-se que o concreto das paredes atinjam a resistência necessária para a desenforma, 14 horas após a concretagem.



Figura 18: Desenforma do molde
Fonte: Homex Construtora

Durante a desenforma é preciso ter cuidado para que os acessórios sejam retirados com as ferramentas adequadas. As peças retiradas já devem ser levadas para a sua posição correta para a montagem da casa seguinte (figura 19). Ou seja, conforme se desenforma uma casa, já é feita a montagem da próxima.



Figura 19: Remoção dos painéis
Fonte: Homex Construtora

É preciso ressaltar também que a limpeza do molde é fundamental para garantir sua durabilidade e cumprir com as expectativas financeiras, bem como, para seu bom funcionamento, ao permitir uniões perfeitas entre os painéis evitando fugas de concreto entre as juntas.

Recomenda-se executar imediatamente após a retirada da peça, uma revisão para eliminação de qualquer resíduo que possa ter, porque o concreto se encontra fresco, facilitando sua remoção.

É importante ter este cuidado com a face de contato do molde, pois será ela a responsável pelo acabamento das paredes, garantindo o mínimo de imperfeições e o correto funcionamento do desmoldante. Bem como a limpeza dos cantos, garantindo a melhor junção entre os painéis, reduzindo ao máximo a abertura das juntas e com isto, menores depressões e trincas nestas.

2.3.2 Controle de qualidade do processo de Paredes Maciças de Concreto

O controle de qualidade do processo de Paredes Maciças de Concreto inicia-se com o Slump test (Figura 20) e o Flow test (Figura 21) para concreto auto-adensável. Para aceitação do concreto, recomenda-se ainda, ensaio de peso volumétrico, teor de ar incorporado e, por fim, a coleta dos corpos de prova para ruptura.



Figura 20: Slump test
Fonte: Homex Construtora



Figura 21: Flow test
Fonte: Homex Construtora

Em seguida utiliza-se a Amostragem e Ensaio do concreto aplicado, o parâmetro de controle deve ser a resistência a compressão às 14 horas e aos 28 dias.

A análise de resultados que integra o controle de qualidade, consta de um controle tecnológico que deverá enviar relatório de ensaio às 14 horas e 28 dias contendo as informações do local e data de aplicação, traços, resistências características e forma de ruptura. No caso da resistência esperada não ser atendida com 14 horas, a casa não fica liberada para a desenforma, aguardando atingir a resistência mínima de projeto. No caso de não atingir a resistência com 28 dias, o calculista deverá ser consultado, aprovando ou não o lote.

3 ESTUDO DE CASO – CONDOMÍNIO JARDIM GIRASSOL II

3.1 O Empreendimento

A obra do Condomínio Residencial Jardim Girassol II (figura 22), situada na zona norte da cidade de São José dos Campos-SP, bairro Alto da Ponte, foi incorporada pela Construtora Tenda, iniciada em 2008 e paralisada em novembro de 2009 pela própria empresa.

Os motivos da paralisação foram problemas técnicos nos serviços executados que culminaram em um distrato com a empresa parceira, responsável pela construção de todo o empreendimento.



Figura 22: Foto Aérea – Jardim Girassol II

Fonte: Dados internos do projeto

Em junho de 2010, a obra foi retomada com algumas alterações de contratação dos serviços. A antiga empresa parceira, que também era responsável técnica e pelo desenvolvimento do projeto, passaria a executar apenas a terraplenagem e a infraestrutura do loteamento, mantendo suas responsabilidades para os serviços prestados.

Com a alteração contratual, a Construtora Tenda assumiu a construção das edificações, e passou a atuar em estudos para alteração de projeto com a intenção de viabilizar a retomada da obra e recuperar o prazo perdido com a paralisação.

É uma obra com um alto grau de complexidade, pois se trata de um empreendimento de 520 unidades habitacionais, distribuídas em 360 casas e 160 apartamentos, todas projetadas com o sistema construtivo de alvenaria estrutural com blocos de concreto.

Como a construção dos edifícios já havia sido iniciada antes da paralisação, foram mantidos os projetos originais e os serviços foram retomados utilizando alvenaria estrutural. Portanto, devido à impossibilidade de alteração do sistema construtivo nos edifícios, o estudo de caso se concentrará apenas nas casas do empreendimento.

As casas possuem duas tipologias, a primeira, 217 casas de 2 dormitórios, com área de 50,22m². A segunda tipologia consiste em 143 casas de 3 dormitórios, com área de 68,00m². Ambas as tipologias são sobrados geminados de 2 pavimentos, distribuídos conforme implantação a seguir (figura 23):

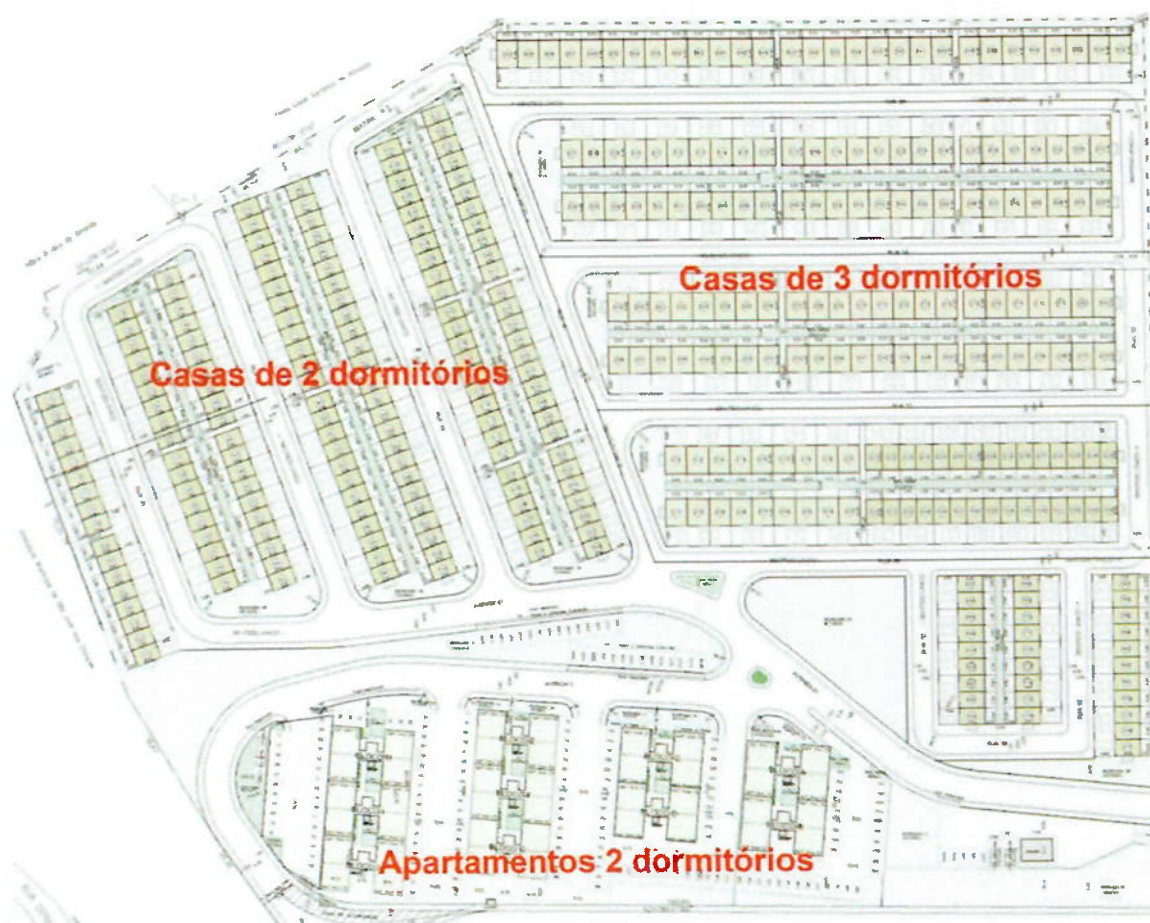


Figura 23: Implantação – Jardim Girassol II
 Fonte: Dados internos do projeto

Embora o empreendimento tenha edifícios, trata-se de uma obra horizontal devido ao grande número de casas que constituem a maioria das unidades habitacionais. Como o terreno é bastante acidentado, uma etapa importante da obra é a de urbanização, constituída pelos serviços de terraplenagem, infra-estrutura, muros de contenção e pavimentação asfáltica. Apesar da importância, essa etapa não entrará no estudo de caso por não se tratar de construção de unidades habitacionais.

A obra é dividida em quatro etapas, determinadas pelas datas de entrega, por fases do empreendimento, basicamente da seguinte forma (figura 24):

- Etapa 1 – Edifícios (Apartamentos 2 dormitórios – Total: 160 unidades) – Previsão de entrega: abril/2011

- Etapa 2 – Casas (158 casas de 2 dormitórios) – Previsão de entrega: outubro/2011;
- Etapa 3 – Casas (143 casas de 3 dormitórios e 59 casas de 2 dormitórios) – Previsão de entrega: fevereiro/2012;
- Etapa 4 – Infra-estrutura (Terraplenagem, redes, muros de contenção e pavimentação) – Previsão de entrega: janeiro/2011.



Figura 24: Etapas de Entrega – Jardim Girassol II
 Fonte: Dados internos do projeto

3.2 A Retomada da Obra

Para um melhor entendimento do empreendimento, será apresentado a seguir, o andamento da obra, considerando todas as etapas do projeto.

Em junho de 2010, quando a obra foi retomada, todos os blocos de apartamentos da Etapa 1 já haviam sido iniciados; portanto, não havia possibilidade de qualquer mudança de projeto. Houve uma avaliação estrutural por parte da nova gestão da Construtora, para a certificação da integridade das fundações e estruturas já executada, e

continuidade dos serviços. Esse trabalho levou, aproximadamente, três meses, o que atrasou o reinício dos serviços na etapa 1 (figura 25).

Os edifícios foram concebidos e iniciados com o sistema construtivo de alvenaria estrutural. Cada bloco se apresentava em uma condição diferente, que iria desde o embasamento do segundo pavimento, é o caso dos blocos C e D, até a laje de cobertura do segundo pavimento do duplex, como os blocos I e J, conforme ilustra a figura 28, de julho de 2010.



Figura 25: Etapa 1 – Edifícios em Alvenaria Estrutural (julho/2010)
Fonte: Dados internos do projeto

Em julho de 2010, a etapa 4 já estava em andamento com os serviços de terraplenagem na região das etapas 2 e 3, ou seja, na preparação dos lotes para as casas. Devido ao terreno acidentado, a terraplenagem não seguiu a sequência construtiva das casas, pois há muito corte na etapa 3, e corte e aterro na etapa 2. Pelo fato da etapa 2 estar em um nível inferior à etapa 3, e não haver uma compensação de corte e aterro, o início da terraplenagem teve que ser feito pela etapa 3 (figura 26).



Figura 26: Terraplenagem da Etapa 3 (julho/2010)
Fonte: Dados internos do projeto

Em dezembro de 2010, as quatro etapas estariam em andamento simultaneamente. A terraplenagem já em fase de conclusão e a construção das casas, tanto de 2, quanto de 3 dormitórios, já iniciadas. Como a terraplenagem seguiu uma ordem inversa, devido à topografia do terreno, foi possível a antecipação do início da etapa 3, o que não interferiu na evolução da etapa 2. Com essa situação, houve a possibilidade de antecipar ainda mais a entrega da etapa 3.

O momento referido no parágrafo anterior permitiu a alteração da sequência de determinados serviços visando uma redução no prazo final. O trabalho da gestão da obra deve ser preciso, pois o planejamento necessita de atualização constante, e as decisões devem ser tomadas com responsabilidade e rapidez. São situações interessantes que abrem possibilidades, contudo o objeto de nosso estudo é a redução do prazo e custo devido à alteração do sistema construtivo.

3.3 Unidades Habitacionais

Todas as unidades habitacionais do Jardim Girassol II foram concebidas em alvenaria estrutural, e esse estudo consiste em uma análise para alteração do sistema construtivo, no intuito de obter a redução de custo e prazo. Como os edifícios da etapa 1 já haviam sido iniciados antes da retomada da obra, serão tratadas apenas das construções das etapas 2 e 3 no estudo de caso.

As casas do empreendimento, tanto as de 2, quanto as de 3 dormitórios, possuem uma tipologia muito simples (figura 27, 28 e 29). As plantas têm um bom aproveitamento do espaço interno o que reflete na simplicidade da estrutura e da fachada.



Figura 27: Imagem Folder de Vendas – Fachadas
Fonte: Dados internos do projeto

Essas condições de simplicidade de planta, estrutura e fachada são fatores fundamentais para possibilitar a utilização de um sistema construtivo que depende de uma produção seriada, nos moldes industriais, como o sistema de paredes de concreto.



Figura 28 – Casas 2 dormitórios – 50,22m²
Fonte: Dados internos do projeto



Figura 29: Casas 3 dormitórios – 68,00m²
 Fonte: Dados internos do projeto

Como o Jardim Girassol II trata-se de um empreendimento com padrão popular, o revestimento previsto para as unidades habitacionais é simples, possuindo nas áreas molhadas, apenas piso cerâmico com rodapés, sem azulejo nas paredes. E nos ambientes secos, regularização de paredes com fundo preparador para pintura, sem revestimento no piso, conforme resumo do Memorial Descritivo no quadro 01.

Quadro 01 – Identificação e “datas-marco” das etapas da obra

MEMORIAL DESCRITIVO ACABAMENTOS - JARDIM GIRASSOL II

I - PISOS	
Salas e Quartos	Contra-piso ou concreto acabado
Banho e Cozinha	Piso cerâmico tipo PEI-4
Área de Serviço	Contra-piso ou concreto acabado
Escada	Contra-piso ou concreto acabado
II - PAREDES EXTERNAS	
Fachadas	Emboço com pintura acrílica texturizada
III - PAREDES INTERNAS	
Salas e Quartos	Gesso com fundo preparador (Pintura por conta do cliente)
Banho e Cozinha	Emboço (acabamento por conta do cliente)
Área de Serviço	Emboço (acabamento por conta do cliente)
IV - TETOS	
Salas e Quartos	Emboço com textura PVA
Banho e Cozinha	Emboço com textura PVA
Área de Serviço	Emboço com textura PVA

Fonte: dados internos da empresa

A mudança do sistema construtivo para paredes maciças de concreto permite eliminar serviços de acabamentos consideráveis, tanto do ponto de vista de redução de custo, quanto de prazo. O conceito de laje zero aplicado ao radier e à laje do pavimento superior eliminam a etapa de contra-piso de todos os ambientes, sendo necessário somente o assentamento de piso cerâmico no banheiro e cozinha, que pode ser feito diretamente na laje ou radier.

Da mesma forma, nas paredes externas não necessita de uma camada de reboco para regularização de superfície, podendo aplicar pintura acrílica texturizada diretamente sobre a superfície de concreto, utilizando apenas fundo preparador.

Nas paredes internas das salas e quartos, o gesso pode ser substituído por massa corrida ou outra massa de regularização flexível, mais indicada devido à variação térmica e a conseqüente reação de dilatação e retração das paredes de concreto. Em contrapartida, a camada de emboço do banho, cozinha e área de serviço, torna-se desnecessária, podendo entregar a casa ao cliente apenas com a estucagem, que é feita no momento da desenforma, onde são retirados através de raspagem, os excessos de concreto ou calda de cimento que podem ficar nas emendas de fôrmas e juntas de concretagem.

Na hipótese de se optar por lajes maciças de concreto, a etapa de regularização dos tetos através de emboço também pode ser eliminada.

A utilização do sistema construtivo de paredes maciças de concreto pode ser bastante interessante para uma obra, porém os ganhos expressivos estão completamente relacionados às boas práticas de execução do sistema.

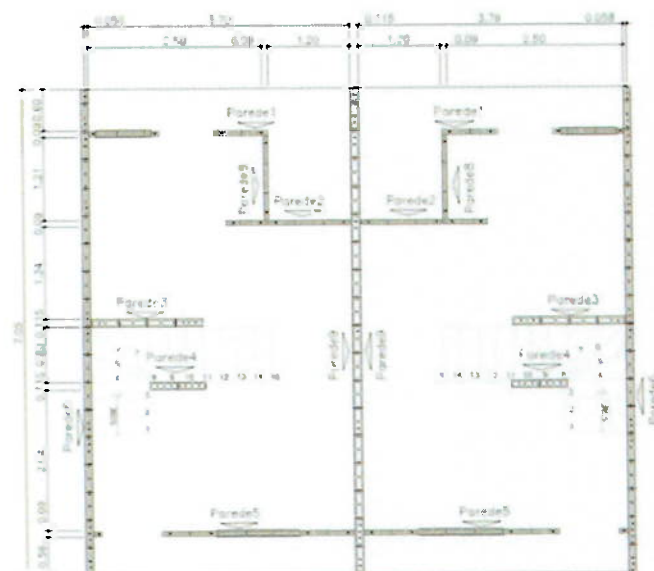
3.4 Projetos

O projeto original das casas apresenta a modulação da alvenaria com as disposições dos blocos na primeira fiada e uma arquitetura simples. As paredes retas e os ambientes com formato retangular foram fatores fundamentais para a viabilidade da alteração do sistema construtivo. A tecnologia de paredes de concreto permite formas curvas, mas podem inviabilizar devido ao alto custo com fôrmas metálicas.

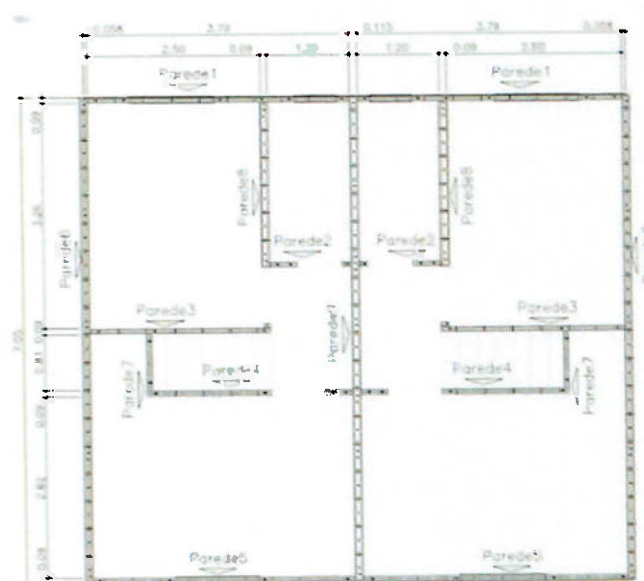
A figura 33 apresenta o projeto original das casas de 2 e 3 dormitórios em alvenaria estrutural. Com a adaptação para paredes de concreto, a disposição dos ambientes nas plantas permaneceu inalterada, como ilustra a figura 34. Essas plantas fizeram parte de um estudo para a adaptação do projeto das casas para alteração do sistema construtivo.

De acordo com a implantação, as casas são geminadas, com separação através de vielas, em um ou dois pontos por quadra. Para a elaboração do projeto das casas com paredes de concreto, houve a necessidade de se fazer juntas de dilatação em alguns encontros de casas. Embora com alvenaria estrutural também fosse necessária a utilização de juntas de dilatação, elas não foram previstas anteriormente (figura 30 e 31).

Casas 2 dormitórios - Alvenaria Estrutural



Pav. Térreo



Pav. Superior

Figura 30: Casas 2 dormitórios (50,22m²) – Projeto em Alvenaria Estrutural
Fonte: Dados internos do projeto

As paredes em alvenaria estrutural, desconsiderando revestimento, possuíam as espessuras de 0,09 e 0,115m, conforme disposição apresentada na planta. Já as paredes de concreto, seguem uma padronização maior na espessura.

Todas as paredes possuem 0,10m de espessura, exceto a parede onde existe a junta de dilatação, que é uma parede dupla de 0,08m cada. A cada duas casas, existe uma junta de dilatação e, conseqüentemente, paredes duplas.

No projeto original, as paredes que dividem duas casas distintas possuem 0,115m de espessura e o eixo dessas paredes está exatamente na divisa entre os lotes. Portanto, em uma casa de 2 dormitórios em que o lote possui 3,90m de largura, se for descontada a espessura de meia parede em cada lateral, sem considerar revestimento, tem-se 3,785m de largura interna. No projeto em paredes de concreto, as casas foram consideradas geminadas de duas em duas, com a parede central de 0,10m e as laterais de 0,08m. Então, nesse caso, tem-se 3,77m, se for descontado da largura do lote, a espessura de uma parede lateral e de meia parede central (figura 32).

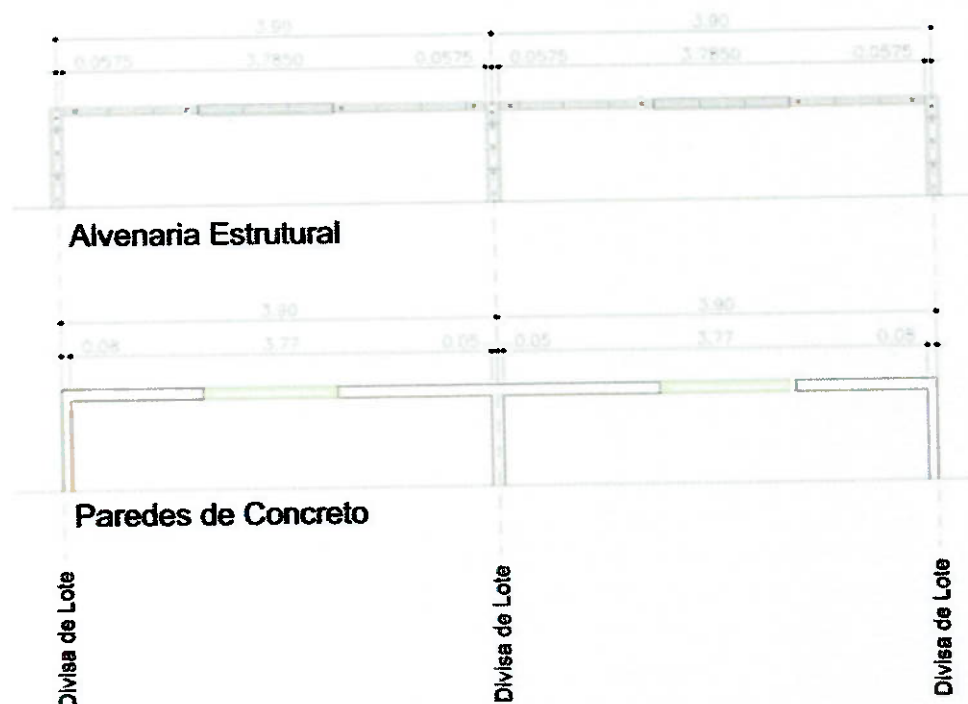


Figura 32 – Detalhe das Espessuras de Paredes e Largura Interna das Casas
Fonte: Dados internos do projeto

Como as paredes do sentido longitudinal do lote sofreram uma variação de espessura de 0,115m para 0,10m com a mudança do sistema construtivo, houve uma compensação nas dimensões e uma distribuição das diferenças para que as áreas dos ambientes permanecessem inalteradas ou, pelo menos, dentro da tolerância permitida.

Portanto com essa mudança nas espessuras de paredes sem a necessidade de se alterar as áreas dos ambientes, foi possível obter a validação da proposta de alteração junto à Incorporação e ao Departamento Técnico da Empresa.

Com relação aos vãos de portas e janelas, permaneceram com as mesmas dimensões. Na adaptação do projeto não foi necessária nenhuma mudança de disposição e dimensionamento.

3.5 Estudo de Viabilidade para Mudança do Sistema Construtivo

Com a validação junto ao Departamento Técnico, iniciou-se o estudo para a viabilidade da alteração do sistema construtivo. As primeiras análises foram feitas utilizando o banco de dados da empresa. Informações obtidas com o histórico recente das obras realizadas com paredes maciças de concreto.

Quadro 02 – Análise dos Sistemas Construtivos

ANÁLISE DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS - JARDIM GIRASSOL II

ITEM	ALVENARIA ESTRUTURAL	PAREDES DE CONCRETO
INVESTIMENTO INICIAL	ZERO	FÔRMA= R\$ 1.105,00/unid
PROBABILIDADE DE PATOLOGIAS	BAIXA	MÉDIA
VIABILIDADE DE CUSTOMIZAÇÃO	SIM	NÃO
IMPACTO CULTURAL / PÚBLICO ALVO	NÃO	MÉDIO
VIABILIDADE DE INDUSTRIALIZAÇÃO	LIMITADA	ALTA
ATENDIMENTO AO CUSTO META	SIM	SIM
PRAZO DE EXECUÇÃO	18 MESES	12 MESES

Fonte: dados internos da empresa

Em seguida, foi feita uma análise das principais potencialidades para redução de custo com a mudança do sistema construtivo. Com o objetivo de apontar os itens a ser reduzidos ou eliminados, a fim de compensar o investimento inicial das fôrmas metálicas.

Quadro 03 – Análise do potencial para redução de custos

ANÁLISE DO POTENCIAL PARA REDUÇÃO DE CUSTOS - JARDIM GIRASSOL II

ESPECIFICAÇÃO	ALVENARIA ESTRUTURAL	PAREDES DE CONCRETO	POTENCIAL PARA REDUÇÃO DE CUSTO
ESTRUTURA	ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO	PAREDES MACIÇAS DE CONCRETO	PRAZO DE EXECUÇÃO, DISPONIBILIDADE DE MATERIAIS E MENOR CUSTO COM MÃO-DE-OBRA
INSTALAÇÕES	PASSAGEM POR DENTRO DOS BLOCOS	EMBTIDAS NAS FÔRMAS	MAIOR PRODUTIVIDADE
REVESTIMENTO INTERNO DAS PAREDES	ÁREAS SECAS: GESSO; ÁREAS ÚMIDAS: EMBOÇO	ÁREAS SECAS: MASSA CORRIDA; ÁREAS ÚMIDAS: SEM REVESTIMENTO	REDUÇÃO DE MATERIAIS, MÃO-DE-OBRA E PRAZO DE EXECUÇÃO
REVESTIMENTO EXTERNO DAS PAREDES	MASSA ÚNICA/EMBOÇO + PINTURA ACRÍLICA	TEXTURA ACRÍLICA	REDUÇÃO DE MATERIAIS, MÃO-DE-OBRA E PRAZO DE EXECUÇÃO

Fonte: dados internos da empresa

Com essas informações, foi possível determinar os pontos de atuação do estudo de caso para viabilização da utilização do sistema de paredes de concreto.

Os valores utilizados como parâmetro para o estudo foram os custos das casas de 2 e 3 dormitórios em alvenaria estrutural, e suas etapas de construção, calculados para a execução em 18 meses, conforme apresentado no quadro 04.

Quadro 04 – Custos das casas em alvenaria estrutural

ORÇAMENTO CASAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL - JARDIM GIRASSOL II

ITEM	CASAS 2 DORM. (50,51m ²)	CASAS 3 DORM. (68,00m ²)
CUSTOS INDIRETOS	R\$ 11.259,18	R\$ 13.602,13
FUNDAÇÕES	R\$ 2.038,19	R\$ 2.609,85
ESTRUTURA COM REVESTIMENTO (EMBOÇO, GESSO, ETC)	R\$ 21.186,27	R\$ 23.890,89
INSTALAÇÕES	R\$ 7.732,90	R\$ 10.410,56
LOUÇAS, METAIS E COMPLEMENTOS	R\$ 1.097,75	R\$ 1.300,74
REVESTIMENTOS CERÂMICOS	R\$ 1.727,36	R\$ 2.411,73
PINTURA / TEXTURA	R\$ 3.528,27	R\$ 4.051,76
CAIXILHOS MADEIRA E ALUMÍNIO	R\$ 2.032,63	R\$ 2.782,51
COBERTURA E IMPERMEABILIZAÇÃO	R\$ 2.519,06	R\$ 3.279,73
CUSTO TOTAL POR CASA	R\$ 53.121,62	R\$ 64.339,89
CUSTO POR m²	R\$ 1.051,71	R\$ 946,17

Fonte: dados internos da empresa

Os itens e valores demarcados em amarelo são os potenciais para redução de custos, os demais permanecerão inalterados, pois a mudança do sistema não implicará em alguma alteração em suas composições de preço, porém aqui neste estudo não se cita os custos indiretos.

Para a seqüência dos estudos, iniciou-se um processo de orçamento para aquisição das fôrmas metálicas. Nesse momento, buscou-se diversificar as alternativas de orçamento, pois não havia parâmetros como referência de valores. Por isso foram consultadas três empresas:

- Empresa A – Empresa Multinacional que orçou o fornecimento de moldes em alumínio sob medida para as tipologias analisadas;
- Empresa B – Empresa Brasileira que orçou o fornecimento de moldes em alumínio, também sob medida para as tipologias analisadas;
- Empresa C – Empresa Brasileira Regional, do Vale do Paraíba, que orçou o fornecimento de moldes de aço adaptados às tipologias analisadas.

Quadro 05 – Orçamento para aquisição de fôrmas metálicas

ORÇAMENTO PARA AQUISIÇÃO DAS FÔRMAS METÁLICAS - JARDIM GIRASSOL II

EMPRESA	CASAS 2 DORM. (50,51m²)	CASAS 3 DORM. (68,00m²)
EMPRESA A - FÔRMAS DE ALUMÍNIO IMPORTADAS	R\$ 394.538,76	R\$ 459.006,97
EMPRESA B - FÔRMAS DE ALUMÍNIO NACIONAIS	R\$ 315.900,00	R\$ 368.940,00
EMPRESA C - FÔRMAS DE AÇO	R\$ 234.253,00	R\$ 288.959,00

Fonte: dados internos da empresa

Os resultados desse orçamento não foram satisfatórios, pelo menos os valores estavam muito maiores do que o necessário para se viabilizar a mudança do sistema construtivo. Uma vez que os valores orçados seriam para a aquisição de apenas um jogo de fôrmas para cada tipologia, o que seria suficiente para se construir a estrutura das casas em aproximadamente doze meses. Como a estimativa para a fase de acabamento para todas as casas era de seis meses após a conclusão das estruturas, o prazo da obra permaneceria inalterado.

Outro fator importante a ser considerado é a diferença entre as fôrmas orçadas. As fôrmas nacionais ainda não atingiram o padrão de qualidade das estrangeiras. Enquanto as fôrmas de alumínio norte-americanas e colombianas permitem até mil usos (FORSA), devido à maior quantidade de reforços nos painéis, nível de detalhamento e praticidade dos acessórios e peças de travamento, as fôrmas nacionais, orçadas pela Empresa C, apresentaram pequenas deformações após aproximadamente cinquenta usos, conforme constatado em visita à obra da empresa Homex Brasil em São José dos Campos. O empenamento causado pelo desgaste da quantidade de repetições gera a necessidade de utilização de massa de regularização das paredes durante a fase de acabamentos.

Como um dos objetivos da mudança do sistema construtivo era a redução do prazo da obra, seriam necessários dois jogos de fôrma de cada tipologia para se chegar ao prazo satisfatório de seis meses para a execução da estrutura. O sistema de paredes maciças de concreto permite a redução dos prazos aumentando a quantidade de jogos de fôrma e equipes, porém aumenta o custo com a aquisição das fôrmas metálicas.

Considerando dois jogos de fôrma para cada tipologia, com o objetivo de atingir a redução do prazo, se pode observar no quadro 06, o valor referente à aquisição das fôrmas, equivalente por casa.

Quadro 06 – Orçamento das fôrmas metálicas - Custo equivalente por casa

ORÇAMENTO FÔRMAS METÁLICAS - CUSTO EQUIVALENTE POR CASA - JARDIM GIRASSOL II

EMPRESA	VALOR TOTAL DO INVESTIMENTO (2 JOGOS DE CADA TIPOLOGIA)	CUSTO EQUIVALENTE DAS FÔRMAS POR CASA 2 DORM. (217 REPETIÇÕES)	CUSTO EQUIVALENTE DAS FÔRMAS POR CASA 3 DORM. (143 REPETIÇÕES)
EMPRESA A	R\$ 1.707.091,46	R\$ 3.636,30	R\$ 6.419,68
EMPRESA B	R\$ 1.369.680,00	R\$ 2.911,52	R\$ 5.160,00
EMPRESA C	R\$ 1.046.424,00	R\$ 2.159,01	R\$ 4.041,38

Fonte: dados internos da empresa

Nesse caso, essa opção tornou-se desinteressante, pois o número de repetições de utilização dos moldes era muito pequeno para justificar a aquisição dos mesmos. E para dificultar essa possibilidade, como essa obra era uma antiga parceria e os projetos foram de autoria da empresa parceira, não existia outra obra na empresa que pudesse aproveitar as fôrmas metálicas depois de sua utilização. Situação essa que obrigou a empresa a buscar alternativas, tentando-se a utilização das fôrmas de outra obra da empresa em fase final.

3.6 Estudo para aproveitamento das fôrmas de outra obra

Com o alto custo para a aquisição das fôrmas metálicas, passou a ser analisada a possibilidade do reaproveitamento dos jogos de fôrma de outra obra da empresa.

Analisando as obras em andamento da empresa, que possivelmente poderiam fornecer as fôrmas de alumínio para adaptação e montagem de jogos para o Jardim Girassol II, foi identificada a obra Valle Verde Cotia, antiga Bairro Novo (figura 33).



Figura 33 – Obra Valle Verde Cotia
Fonte: Dados internos da Empresa

Em agosto de 2010, quando esse estudo foi realizado, a obra Valle Verde estava em fase de conclusão. Os edifícios em andamento estavam, em sua grande maioria, em fase de acabamento, e o restante, finalizando a estrutura (figura 34).



Figura 34 – Obra Valle Verde Cotia
Fonte: Dados internos da Empresa

Dessa forma, havia alguns jogos de fôrmas disponíveis para utilização ou adaptação. Rapidamente foi feito um estudo para a adaptação dos jogos de fôrma da obra Valle Verde para as tipologias do Jardim Girassol II, que consistiu em uma análise comparativa entre as plantas e o projeto de fôrma de Cotia com as dimensões necessárias para o Girassol II.

Com base nos projetos de fôrmas fornecidos pelo fabricante, a empresa colombiana Forsa, foi feito um levantamento das peças que compõem cada jogo da obra Valle Verde. Havia disponíveis apenas formas dos edifícios de apartamento de 2 dormitórios (Figura 35).

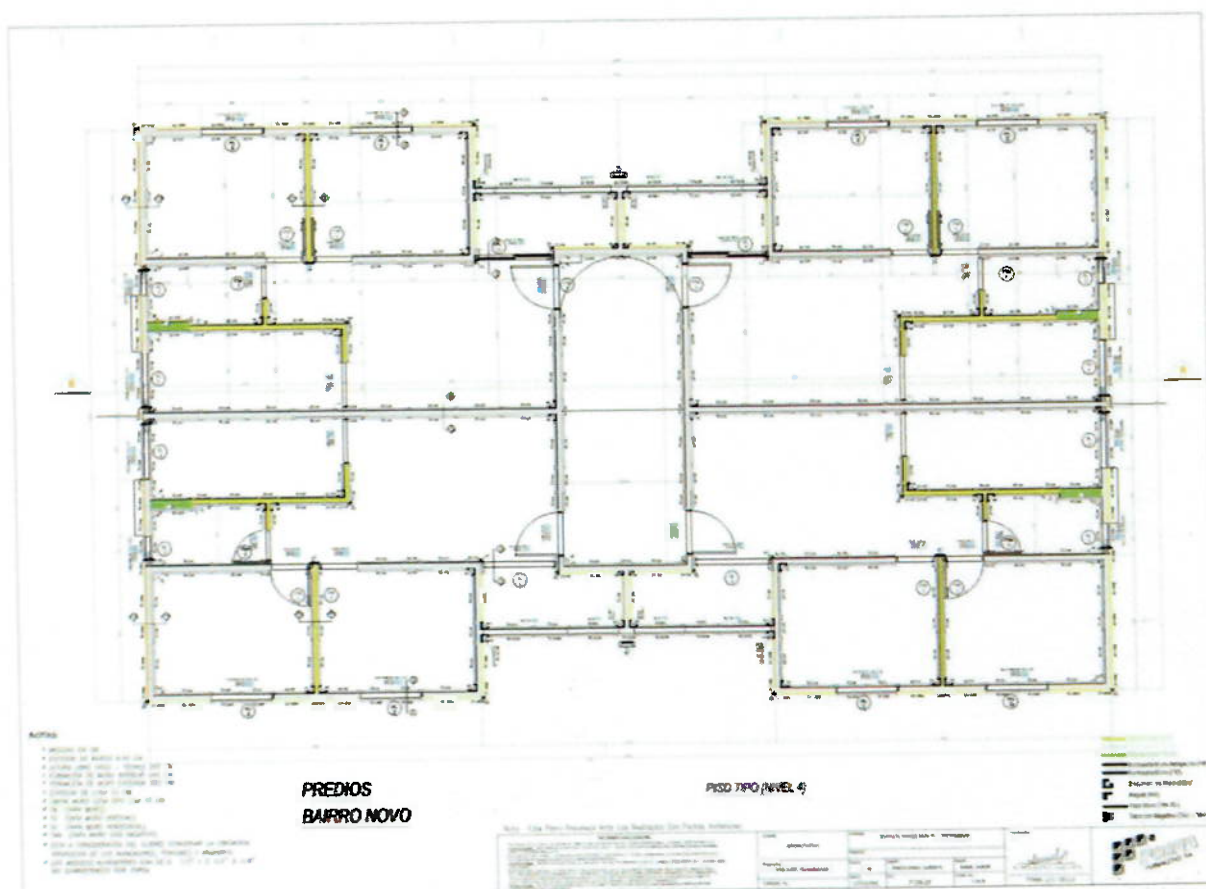


Figura 35 – Projeto de Formas - Planta - Valle Verde Cotia
 Fonte: Dados internos da Empresa

É possível observar que a área das paredes da tipologia da obra Valle Verde é maior que a área de paredes das casas do Jardim Girassol II, logo, percebeu-se que é possível a utilização das formas, mesmo com adaptação, sem que seja necessária a aquisição de outros moldes para completar os jogos.

O estudo foi feito visando ao maior aproveitamento das fôrmas de paredes, tanto dos painéis internos ($h=2,40\text{m}$), quanto dos externos ($h=2,65\text{m}$). O resultado da composição dos moldes nas paredes sem aberturas foi satisfatório, porém todas as paredes que contêm aberturas, tanto de portas, quanto janelas, neste caso haveria a necessidade de adaptações nos moldes. Com exceção das janelas de $1,20\text{m} \times 1,20\text{m}$, todos os demais vãos não coincidiram, conforme figuras 36 e 37.

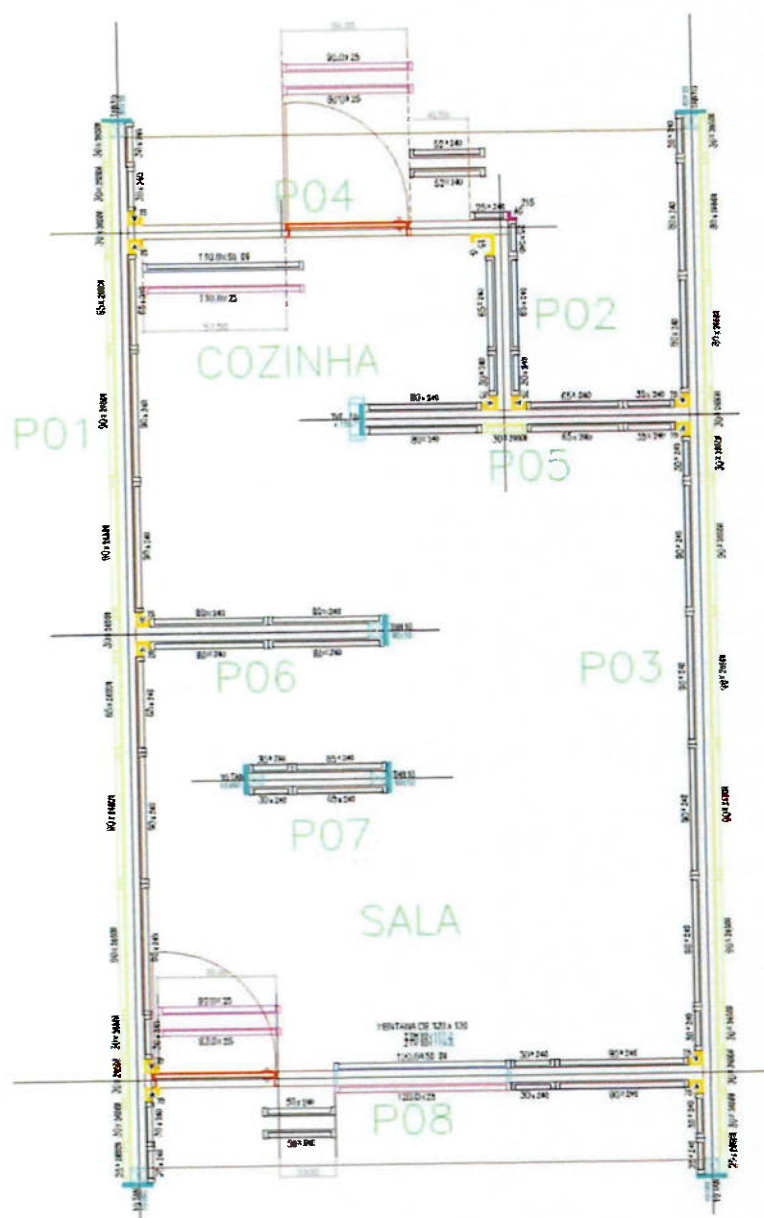


Figura 36 – Estudo para utilização das fôrmas da obra Valle Verde Cotia – Planta do Pav. Inferior Jd. Girassol II
Fonte: Dados internos do projeto

Na seqüência, segue quadro com algumas diferenças entre os projetos, que devem ser consideradas neste estudo de aproveitamento de moldes, pois será necessária uma revisão de projeto arquitetônico ou uma adequação nas peças de fôrmas envolvidas.

Quadro 07 – Diferenças entre os projetos

DIFERENÇAS ENTRE PROJETOS - JARDIM GIRASSOL II X VALLE VERDE COTIA

	JARDIM GIRASSOL II	VALLE VERDE COTIA
PÉ-DIREITO	2,50m	2,55m
ALTURA DO PEITORIL	0,90m	0,95m
LARGURA DA ESCADA	0,90m	1,20m

Fonte: dados internos da empresa

Através do estudo pelo comparativo entre as plantas, foi possível determinar quantas peças do Valle Verde seriam necessárias para montar um jogo de fôrmas para o Jardim Girassol II, incluindo as peças que seriam adaptadas. A seguir, o quadro 08 apresenta um comparativo entre as quantidades de peças necessárias para o Jardim Girassol II e o disponível em cada jogo de fôrmas do Valle Verde Cotia.

Quadro 08 – Quadro comparativo de quantidades de peças

QUANTIDADE DE PEÇAS POR JOGO DE FÔRMAS - JARDIM GIRASSOL II X VALLE VERDE COTIA

PEÇA	JARDIM GIRASSOL II (PÇS)	VALLE VERDE COTIA (PÇS)	SALDO (PÇS)
25 x 265 (Externa)	8	8	0
30 x 265 (Externa)	26	5	-21
35 x 265 (Externa)	2	4	2
65 x 265 (Externa)	7	4	-3
80 x 265 (Externa)	8	2	-6
90 x 265 (Externa)	14	8	-6
25 x 240 (Interna)	10	8	-2
30 x 240 (Interna)	32	12	-20
35 x 240 (Interna)	6	8	2
50 x 240 (Interna)	4	4	0
52 x 240 (Interna)	2	4	2
65 x 240 (Interna)	17	4	-13
80 x 240 (Interna)	16	4	-12
90 x 240 (Interna)	22	56	34
Porta 66 x 210 (Bandeira)	1	0	-1
Porta 76 x 210 (Bandeira)	2	0	-2
Porta 86 x 210 (Bandeira)	2	0	-2
Janela 120 x 120 (Peit/Band)	3	4	1
Janela 100 x 80 (Peit/Band)	1	0	-1
Janela 60 x 60 (Peit/Band)	1	0	-1
10 x 240 (TAN 10)	7	0	-7
10 x 240 (TVE 10)	1	0	-1

Fonte: dados internos da empresa

De acordo com o levantamento acima, algumas peças necessárias para o Girassol II não têm a quantidade disponível em um jogo de fôrma do Valle Verde Cotia. Em alguns casos, como as peças de 30cm, tanto internas, quanto externas, nem os quatro jogos seriam suficientes para atender à necessidade. Uma alternativa seria adaptar os painéis de 90 x 240, que teria uma sobra considerável, para suprir a necessidade dos painéis com outras dimensões.

Um jogo de fôrmas do Valle Verde Cotia equivale à metade do pavimento tipo e a obra dispõe de quatro jogos de fôrmas completos, que podem ser disponibilizados para o Jardim Girassol II.

Outro detalhe importante a ser considerado é a diferença entre as dimensões dos vãos de portas, janelas e fechamentos. Como mencionado anteriormente, com exceção ao vão de janela de 1,20m x 1,20m, todos os demais deverão ter adaptações nos painéis ao redor.

O projeto com a proposta de reaproveitamento das fôrmas do Valle Verde Cotia para o Jardim Girassol II juntamente com a relação de peças a serem adaptadas foi enviado à empresa Forsa, fabricante das fôrmas. Após a avaliação da Forsa, devido à grande quantidade de peças a serem adaptadas, a opção de reaproveitamento foi descartada. Os custos com a adaptação dos moldes seriam superiores aos valores de aquisição de fôrmas, orçados anteriormente.

3.7 Orçamento de mão-de-obra e locação de fôrmas para construção das casas

Percebendo a impossibilidade do aproveitamento das fôrmas da obra de Cotia, a próxima alternativa foi à busca pela locação das fôrmas metálicas. Porém, a dificuldade foi conseguir preços viáveis. Como o investimento é alto para se fazer ou adaptar fôrmas para uma tipologia específica, os preços para locação de dois jogos de fôrmas para cada tipologia, durante seis meses, não seria muito mais baixo do que a aquisição dos moldes. A saída foi buscar empresas que se interessou em adquirir o molde para fazer a locação e

construir a casa com esses moldes locados. Ou seja, a locação das fôrmas estaria diluída nos preços de construção da casa.

Para isso, duas empresas enviaram suas propostas, também diferentes, pois uma contemplava a construção apenas da estrutura e outra a construção total da casa:

- Empresa 1 – a Empresa MEGASCI enviou uma proposta de construção da estrutura da casa com a tecnologia TECNOMETA, desde a fundação até a estucagem das paredes, ou seja, a entrega das paredes com superfície lisa e sem imperfeições, pronta para receber acabamento fino ou pintura. Contemplando as instalações embutidas no concreto;
- Empresa 2 – a Empresa 2 enviou proposta de construção completa das casas pelo sistema convencional de paredes maciças de concreto, incluindo fundações, instalações, cobertura, acabamentos e fornecimento de materiais, além da locação de fôrmas.

Com essas propostas, já foi possível fazer uma análise comparativa com os valores pré-orçados para o início da obra em alvenaria estrutural. Nesse momento foi possível ter certeza da viabilidade da alteração do sistema. Os valores não estavam bem detalhados e definidos, mesmo porque, as propostas contemplavam, ainda, a revisão do projeto para a adaptação entre os sistemas.

Quadro 09 – Orçamento para construção das casas

ORÇAMENTO PARA CONSTRUÇÃO DAS CASAS - JARDIM GIRASSOL II

CASAS 2 DORMITÓRIOS (50,51m²)			
ITEM	ALV. ESTRUTURAL	EMPRESA 1	EMPRESA 2
CUSTOS INDIRETOS	R\$ 11.259,18	R\$ 8.121,59	R\$ 20.463,61
FUNDAÇÕES	R\$ 2.038,19	R\$ 24.089,52	R\$ 26.044,97
ESTRUTURA COM REVESTIMENTO (EMBOÇO, GESSO, ETC)	R\$ 21.186,27		
INSTALAÇÕES	R\$ 7.732,90	R\$ 4.623,34	R\$ 3.379,72
LOUÇAS, METAIS E COMPLEMENTOS	R\$ 1.097,75	R\$ 1.097,75	R\$ 2.684,47
REVESTIMENTOS CERÂMICOS	R\$ 1.727,36	R\$ 1.727,36	R\$ 942,09
PINTURA / TEXTURA	R\$ 3.528,27	R\$ 3.528,27	R\$ 4.102,47
CAIXILHOS MADEIRA E ALUMÍNIO	R\$ 2.032,63	R\$ 2.032,63	R\$ 3.136,19
COBERTURA E IMPERMEABILIZAÇÃO	R\$ 2.519,06	R\$ 2.519,06	R\$ 2.265,72
CUSTO TOTAL POR CASA	R\$ 53.121,62	R\$ 47.739,52	R\$ 63.019,25
CUSTO POR m²	R\$ 1.051,71	R\$ 945,15	R\$ 1.247,66

CASAS 3 DORMITÓRIOS (68,00m²)			
ITEM	ALVENARIA ESTRUTURAL	EMPRESA 1	EMPRESA 2
CUSTOS INDIRETOS	R\$ 13.602,13	R\$ 11.553,61	R\$ 27.549,50
FUNDAÇÕES	R\$ 2.609,85	R\$ 27.167,14	R\$ 35.063,51
ESTRUTURA COM REVESTIMENTO (EMBOÇO, GESSO, ETC)	R\$ 23.890,89		
INSTALAÇÕES	R\$ 10.410,56	R\$ 5.484,44	R\$ 4.550,01
LOUÇAS, METAIS E COMPLEMENTOS	R\$ 1.300,74	R\$ 1.300,74	R\$ 3.614,02
REVESTIMENTOS CERÂMICOS	R\$ 2.411,73	R\$ 2.411,73	R\$ 1.268,31
PINTURA / TEXTURA	R\$ 4.051,76	R\$ 4.051,76	R\$ 5.523,03
CAIXILHOS MADEIRA E ALUMINIO	R\$ 2.782,51	R\$ 2.782,51	R\$ 4.222,15
COBERTURA E IMPERMEABILIZAÇÃO	R\$ 3.279,73	R\$ 3.279,73	R\$ 3.050,27
CUSTO TOTAL POR CASA	R\$ 64.339,89	R\$ 58.031,66	R\$ 84.840,80
CUSTO POR m²	R\$ 946,17	R\$ 853,41	R\$ 1.247,66

Fonte: dados internos da empresa

Como se pode visualizar na planilha, a proposta da Empresa 1 para construção das fundações e estrutura, em composição com os valores já levantados para os demais itens no sistema de alvenaria estrutural, o custo unitário para cada unidade habitacional ficaria cerca de 10% inferior ao estimado para construção em alvenaria estrutural.

Após essa análise entre as propostas, foram iniciadas as tratativas de contratação da Empresa 1, tendo ocorrido negociações de valores, o que permitiu uma economia ainda maior em relação ao pré-orçamento.

Vale salientar que o Sistema Megasci/Tecnometra, possui incorporação de ar no concreto o que reduz em 20% o volume de concreto necessário. Embora alguns preços de acabamentos da Empresa 2 estejam mais altos que a composição feita com os preços da Empresa 1, a economia de concreto certamente foi um fator fundamental para o menor valor da proposta.

Dessa forma, a proposta de alteração do sistema construtivo finalmente foi viabilizada. Optou-se pela contratação da empresa 1, a MEGASCI, com a tecnologia TECNOMETRA, para construção das fundações e estrutura das casas do Jardim Girassol II.

4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS

4.1 Análise de Custos

Um critério muito importante a ser analisado nesse estudo é o custo, para que assim se possa comprovar a viabilidade do projeto no que concerne aos investimentos financeiros.

Buscando alcançar os parâmetros de custo dentro da tecnologia de paredes maciças, tais paredes foram realizadas com diferentes composições de preço, com alternativas diferentes de concreto, fôrmas metálicas e contratação de serviços e mão-de-obra.

Para início do trabalho foi utilizada a previsão de custo total da obra dividida por etapas:

Quadro 10 – Custo original da obra por etapas

CUSTO DA OBRA POR ETAPAS - JARDIM GIRASSOL II

ETAPA	QUANTIDADE DE UNIDADES	VALOR TOTAL
JARDIM GIRASSOL II - ETAPA 1	10 BLOCOS DE APARTAMENTOS	5.135.377,95
JARDIM GIRASSOL II - ETAPA 2	CASAS 1 A 158	8.393.216,11
JARDIM GIRASSOL II - ETAPA 3	CASAS 159 A 360	12.334.780,44
JARDIM GIRASSOL II - ETAPA 4	INFRAESTRUTURA	4.609.599,56
TOTAL		30.472.974,06

Fonte: dados internos da empresa

Como o enfoque do estudo consiste na alteração do sistema construtivo das casas, ou seja, etapas 2 e 3, os valores das etapas 1 e 4 permanecerão inalterados. Diante dos valores previstos para construção das casas de alvenaria estrutural, buscou-se atuar diretamente nos itens que fossem possíveis apropriar alguma economia: custos indiretos, produtividade, principalmente devido à redução de tempo de obra, e os custos diretos, apropriando economia de materiais e mão-de-obra resultante da eliminação de serviços de estrutura e acabamentos.

Quadro 11 – Previsão de economia com a mudança do sistema

PREVISÃO DE ECONOMIA COM A MUDANÇA DO SISTEMA - JARDIM GIRASSOL II

ETAPA	QUANTIDADE DE UNIDADES	ALVENARIA ESTRUTURAL	PAREDES DE CONCRETO	PREVISÃO DE ECONOMIA
ETAPA 1	160 APARTAMENTOS	5.135.377,95	5.135.377,95	0,00
ETAPA 2	158 CASAS 2 DORM.	8.393.216,11	7.542.844,81	-850.371,30
ETAPA 3	59 CASAS 2 DORM. + 143 CASAS 3 DORM.	12.334.780,44	11.115.158,76	-1.219.621,68
ETAPA 4	INFRAESTRUTURA	4.609.599,56	4.609.599,56	0,00
TOTAL		30.472.974,06	28.402.981,08	-2.069.992,98

Fonte: dados internos da empresa

Com a alteração do sistema construtivo, é possível atingir uma economia de R\$ 2.069.992,98, o que representa a redução de 7% no valor total da obra, conforme apresentado no quadro 11.

Se considerado somente os valores das etapas 2 e 3, onde foram apropriadas as economias com a alteração do sistema construtivo, observa-se um percentual de economia ainda maior, 9,99% do valor para construção de todas as casas, como apresentado no quadro 12.

Quadro 12 – Previsão de economia com a mudança do sistema – Etapas 2 e 3

PREVISÃO DE ECONOMIA COM A MUDANÇA DO SISTEMA - JARDIM GIRASSOL II

ETAPA	QUANTIDADE DE UNIDADES	ALV. ESTRUTURAL	PAR. CONCRETO	PREV. ECONOMIA	% ECONOMIA
ETAPA 2	158 CASAS 2 DORM.	8.393.216,11	7.542.844,81	-850.371,30	-10,13%
ETAPA 3	59 CASAS 2 DORM. + 143 CASAS 3 DORM.	12.334.780,44	11.115.158,76	-1.219.621,68	-9,89%
TOTAL		20.727.996,55	18.658.003,57	-2.069.992,98	-9,99%

Fonte: dados internos da empresa

Com relação ao custo unitário das casas, a economia apresentada em cada tipologia, 10,13% para casas de 2 dormitórios e 9,80% para casas de 3 dormitórios, representa uma redução no custo por m² de R\$ 106,56 e R\$ 92,77 para casas de 2 e 3 dormitórios respectivamente, conforme apresentado no quadro 13.

Quadro 13 – Previsão de economia por casa

PREVISÃO DE ECONOMIA POR CASA - JARDIM GIRASSOL II				
CASAS 2 DORMITÓRIOS (50,51m²)				
ITEM	ALVENARIA ESTRUTURAL	PAREDES DE CONCRETO	PREVISÃO DE ECONOMIA	% ECONOMIA
CUSTOS INDIRETOS	R\$ 11.259,18	R\$ 8.121,59	-R\$ 3.137,59	-27,87%
FUNDAÇÕES	R\$ 2.038,19	R\$ 24.089,52	R\$ 865,05	3,72%
ESTRUTURA COM REVESTIMENTO (EMBOÇO, GESSO, ETC)	R\$ 21.186,27			
INSTALAÇÕES	R\$ 7.732,90	R\$ 4.623,34	-R\$ 3.109,56	-40,21%
LOUÇAS, METAIS E COMPLEMENTOS	R\$ 1.097,75	R\$ 1.097,75	R\$ 0,00	0,00%
REVESTIMENTOS CERÂMICOS	R\$ 1.727,36	R\$ 1.727,36	R\$ 0,00	0,00%
PINTURA / TEXTURA	R\$ 3.528,27	R\$ 3.528,27	R\$ 0,00	0,00%
CAIXILHOS MADEIRA E ALUMÍNIO	R\$ 2.032,63	R\$ 2.032,63	R\$ 0,00	0,00%
COBERTURA E IMPERMEABILIZAÇÃO	R\$ 2.519,06	R\$ 2.519,06	R\$ 0,00	0,00%
CUSTO TOTAL POR CASA	R\$ 53.121,62	R\$ 47.739,52	-R\$ 5.382,10	-10,13%
CUSTO POR m²	R\$ 1.051,71	R\$ 945,15	-R\$ 106,56	-10,13%
CASAS 3 DORMITÓRIOS (68,00m²)				
ITEM	ALVENARIA ESTRUTURAL	PAREDES DE CONCRETO	PREVISÃO DE ECONOMIA	% ECONOMIA
CUSTOS INDIRETOS	R\$ 13.602,13	R\$ 11.553,61	-R\$ 2.048,52	-15,06%
FUNDAÇÕES	R\$ 2.609,85	R\$ 27.167,14	R\$ 666,40	2,51%
ESTRUTURA COM REVESTIMENTO (EMBOÇO, GESSO, ETC)	R\$ 23.890,89			
INSTALAÇÕES	R\$ 10.410,56	R\$ 5.484,44	-R\$ 4.926,12	-47,32%
LOUÇAS, METAIS E COMPLEMENTOS	R\$ 1.300,74	R\$ 1.300,74	R\$ 0,00	0,00%
REVESTIMENTOS CERÂMICOS	R\$ 2.411,73	R\$ 2.411,73	R\$ 0,00	0,00%
PINTURA / TEXTURA	R\$ 4.051,76	R\$ 4.051,76	R\$ 0,00	0,00%
CAIXILHOS MADEIRA E ALUMÍNIO	R\$ 2.782,51	R\$ 2.782,51	R\$ 0,00	0,00%
COBERTURA E IMPERMEABILIZAÇÃO	R\$ 3.279,73	R\$ 3.279,73	R\$ 0,00	0,00%
CUSTO TOTAL POR CASA	R\$ 64.339,89	R\$ 58.031,66	-R\$ 6.308,24	-9,80%
CUSTO POR m²	R\$ 946,17	R\$ 853,41	-R\$ 92,77	-9,80%

Fonte: dados internos da empresa

Os valores de redução apresentados representam um número importante para a viabilidade do empreendimento, colaborando com o desenvolvimento de uma política de habitação mais inclusiva.

4.2 Análise de Prazo

Primeiramente cabe observar a relação das datas-marco desse projeto, para que assim se possam compreender quais os custos que podem realmente ser analisados dentro da perspectiva que se pretende estudar. O quadro 14 mostra a identificação de cada etapa e sua data de início e término:

Quadro 14 – Identificação e “datas-marco” das etapas da obra

DATAS-MARCO POR ETAPAS - JARDIM GIRASSOL II

ETAPA / FASE		QUANTIDADE DE UNIDADES	INÍCIO	FIM
ETAPA 1		160 APARTAMENTOS	jun-10	abr-11
ETAPA 2	FASE 1	158 CASAS 2 DORM.	out-10	set-11
	FASE 2		nov-10	out-11
	FASE 3		nov-10	out-11
ETAPA 3	FASE 4	59 CASAS 2 DORM. + 143 CASAS 3 DORM.	dez-10	nov-11
	FASE 5		jan-11	dez-11
	FASE 6		mar-11	fev-12
ETAPA 4		INFRAESTRUTURA	jun-10	jan-11

Fonte: dados internos da empresa

Para a execução da estrutura das casas de alvenaria estrutural em 12 meses, conforme cronograma apresentado no quadro 15, seriam necessárias equipes suficientes para a construção de 7 casas simultaneamente, considerando o ciclo de 5 dias para a execução da estrutura.

Quadro 15 – Cronograma Físico original para a construção das casas

CRONOGRAMA FÍSICO												CASAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL															
OBRA: RES. JARDIM GIRASSOL II - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP																											
ETAPA	DESCRIÇÃO	2010												2011												2012	
		SEN	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR			
01	FUNDAÇÕES																										
02	ESTRUTURA																										
03	INSTALAÇÕES																										
04	COBERTURA																										
05	ACABAMENTOS																										

Fonte: dados internos da empresa

O ciclo de 5 dias para a execução da estrutura em alvenaria estrutural, conforme previsto nos procedimentos internos da Construtora Tenda, estão representados na figura 38.

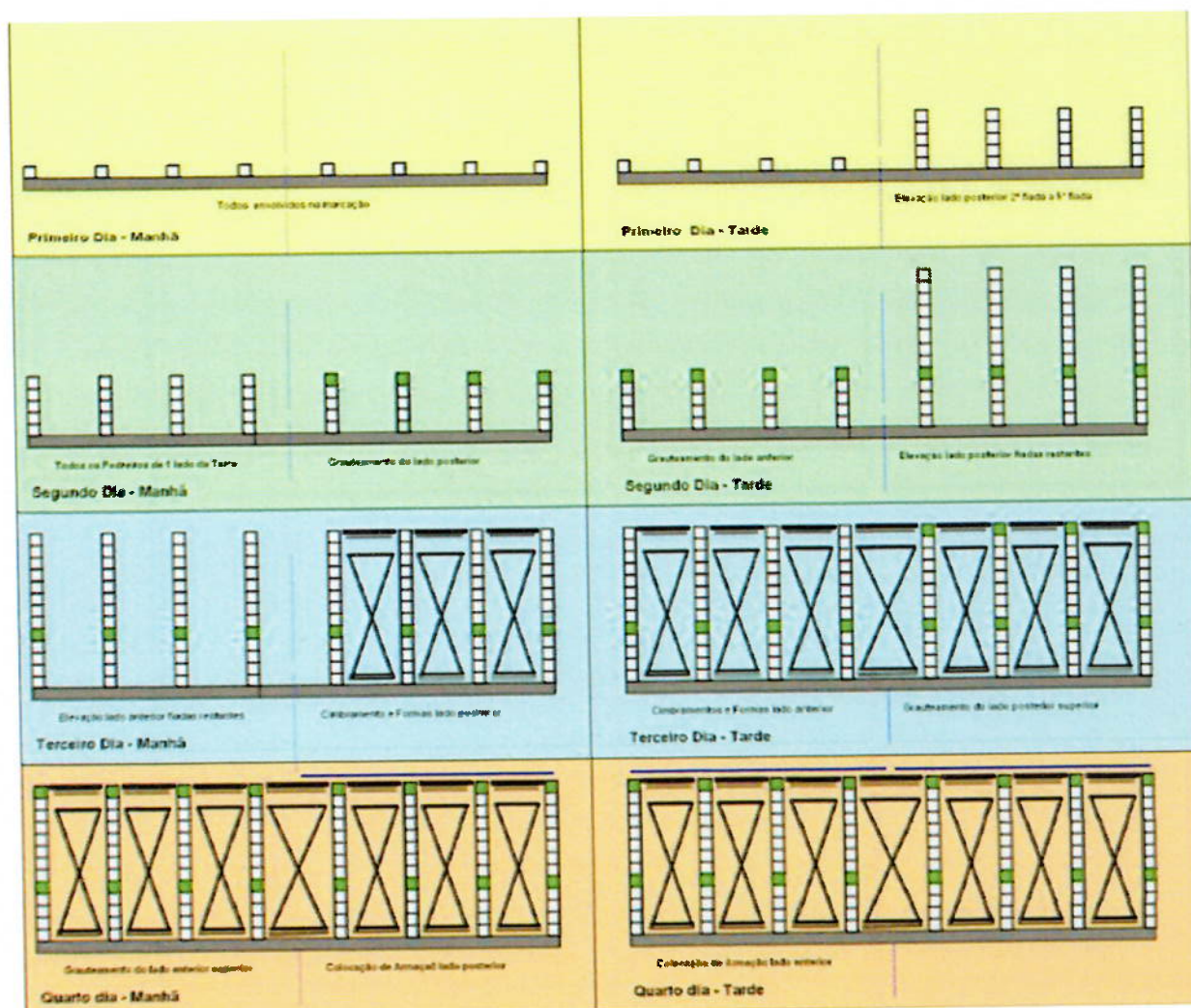


Figura 38 – Ciclo para a execução da estrutura em alvenaria estrutural
Fonte: Dados internos do projeto

O ciclo proposto para a construção das casas em paredes de concreto é de 1 dia, mas como nas primeiras semanas, devido à formação das equipes e ajustes nos moldes, o ciclo varia de 3 a 4 dias. Para base de cálculo será utilizado um ciclo médio de 2 dias, o demonstra a necessidade de equipes e jogos de fôrma suficientes para a construção de 4 casas simultaneamente, conforme quadro 16.

Quadro 16 – Comparativo para a execução da estrutura das casas

COMPARATIVO PARA EXECUÇÃO DA ESTRUTURA - JARDIM GIRASSOL II		
ITEM	ALVENARIA ESTRUTURAL	PAREDES DE CONCRETO
CICLO	5 DIAS	2 DIAS (MÉDIA)
EQUIPES	7 EQUIPES	4 EQUIPES
PRAZO DE EXECUÇÃO - 360 CASAS	264 DIAS ÚTEIS	132 DIAS ÚTEIS

Fonte: dados internos da empresa

Sendo assim, a redução no prazo da obra se dará com a alteração do sistema construtivo, concentrando no prazo de execução da estrutura das casas. Para os demais serviços, foram estimados os mesmos períodos previstos no cronograma original, conforme cronograma proposto no quadro 17.

Quadro 17 – Cronograma Físico proposto para a construção das casas

CRONOGRAMA FÍSICO												CASAS EM PAREDES DE CONCRETO															
OBRA: RES. JARDIM GIRASSOL II - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SP																											
ETAPA	DESCRIÇÃO	2010												2011												2012	
		MA	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR			
01	FUNDAÇÕES																										
02	ESTRUTURA																										
03	INSTALAÇÕES																										
04	COBERTURA																										
05	ACABAMENTOS																										

Fonte: dados internos da empresa

Os dados do quadro 18 demonstram o andamento da obra e os prazos de planejamento real e viável, buscando analisar se tais padrões deste projeto podem contribuir para que os prazos diminuam em relação a outros projetos.

Com o sistema de paredes maciças de concreto, o planejamento de produção foi baseado em dois jogos completos de fôrmas para cada tipologia, o que permitiu um ganho de seis meses no prazo final da obra, como mostra os cronogramas a seguir:

Quadro 18 – Cronograma físico da obra

CRONOGRAMA FÍSICO												CASAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL															
OBRA: RES. JARDIM GIRASSOL II - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP																											
ETAPA	DESCRIÇÃO	2010												2011												2012	
		MA	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MA	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR			
01	EDIFÍCIOS																										
02	CASAS 2 DORMITÓRIOS																										
03	CASAS 3 DORMITÓRIOS																										
04	INFRAESTRUTURA																										

CRONOGRAMA FÍSICO												CASAS EM PAREDES DE CONCRETO															
OBRA: RES. JARDIM GIRASSOL II - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP																											
ETAPA	DESCRIÇÃO	2010												2011												2012	
		MA	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MA	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR			
01	EDIFÍCIOS																										
02	CASAS 2 DORMITÓRIOS																										
03	CASAS 3 DORMITÓRIOS																										
04	INFRAESTRUTURA																										

Diante disto verifica-se que o trabalho em questão analisou de forma quais as perspectivas de desenvolvimento econômico frente a um grande projeto, que pode ser apresentado de forma a tornar viável o planejamento social para um número maior de cidadãos, frente à busca de uma economia mais igualitária.

4.3 Análise do Sistema Proposto

A viabilidade da mudança do sistema construtivo de Alvenaria Estrutural para Paredes Maciças de Concreto ocorreu de forma satisfatória, conseguindo-se uma redução considerável de custo e prazo para a Construtora Tenda. A redução de prazo é explicada pelo potencial de industrialização que o sistema de Paredes de Concreto permite. A redução de custo ocorreu devido às particularidades do Sistema TECNOMETA/MEGASCI.

No sistema proposto há uma redução significativa dos dois insumos principais de uma estrutura de concreto armado: concreto e aço. Para o concreto, há uma redução de 20% do volume final devido à incorporação de ar, causada pela mistura dos aditivos METAPOP PLUS e FLUIBETON SR 100, ambos produzidos pela TECNOMETA. Para o aço, a armação das paredes, geralmente feita com telas eletrosoldadas, neste caso é substituída por treliças metálicas, havendo uma redução considerável de massa do aço.

O processo construtivo é composto por paredes de concreto leve armado (massa específica aproximada de 1900kg/m^3 e resistência característica à compressão $f_{ck}=8\text{MPa}$). São armadas com barras de aço de 6,3mm e treliças eletrosoldadas, verticais e horizontais, em aço CA60 fio 4,2mm tipo TT8644 ($0,735\text{kg/m}$) conforme projeto estrutural. Todas as treliças são galvanizadas para proteção contra corrosão.

O Processo desenvolvido pela MEGASCI/TECNOMETA baseia-se fundamentalmente no concreto como material construtivo e, assim sendo, é importante o estabelecimento de uma aliança estratégica com uma empresa concreteira da região que tenha conteúdo tecnológico para atender às características do processo construtivo. Quando não for possível a parceria e o empreendimento tiver um grande número de unidades, pode ser viável a construção de mini usina para produção do concreto em canteiro contratando um profissional para operá-la.

A durabilidade da estrutura e o conforto térmico do interior da residência dependerão da qualidade da composição e dosagem do concreto utilizado o que torna ainda mais importante a aliança ora descrita. Face ao exposto, fica caracterizada a importância de a empresa estabelecer alianças estratégicas e *cluster* para obter vantagem competitiva através um desempenho regional desejável na implantação das habitações populares.

As empresas MEGASCI e TECNOMETA levaram todos esses fatores para a elaboração de sua proposta comercial, justificando, assim, a redução do valor da estrutura e, automaticamente, compensando o investimento para a aquisição das fôrmas que, por sua vez, é de fabricação própria e se tornará um ativo após a conclusão da obra.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento deste estudo buscou-se analisar as vantagens da construção de habitações populares com os procedimentos de paredes de concreto moldadas in-loco, tendo como referência comparativa a alvenaria convencional.

As casas em paredes de concreto estão em evidência no mercado construtivo há uma década, buscando atender programas de habitação populares, que utilizam sistemas de fôrmas modulares, que são montadas no local da obra, incorporando as instalações hidráulicas e elétricas que ficam embutidas nas fôrmas e, depois, são preenchidas com concreto.

Tal empreendimento reduz o tempo da obra, e consequentemente custos com mão-de-obra e locação de materiais diversos. Outra grande vantagem deste sistema, como veste no decorrer do trabalho é a redução de desperdício, pois após o desenforme das paredes de concreto, casa está pronta para receber sua finalização.

Assim, o objetivo deste trabalho foi o de analisar os dois sistemas – Paredes de Concreto moldadas in-loco e Alvenaria Convencional – analisando qual dos dois sistemas é o mais viável em questão de valor e tempo de execução.

Utilizou-se como referência comparativa a análise da viabilidade de substituição do processo construtivo da obra do Condomínio Jardim Girassol II, de Alvenaria Estrutural por Paredes Maciças de Concreto.

Portanto, ao final do estudo pode-se comprovar um diferencial de 7% de economia financeira no custo total da obra, o que denota uma vantagem competitiva que abrange inclusive a capacidade de tornar viável novos projetos de habitações populares, e com isso adentrar em questões sociais, tais como a questão da habitação no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ARANTES, P.F. – **'Minha Casa, Minha Vida', o pacote habitacional de Lula**. 31 de julho de 2009 – www.correiocidadania.com.br/content/view/3580/9
- BONACHESKI, V. – **Alvenaria Estrutural**. Porto Alegre, 24 de abril de 2007 – Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Orientação: Profa. Sílvia Maria Baptista Kalil
- FONSECA JÚNIOR, Ari. **Retomada da habitação popular impulsiona a produção de casas**. Cruzeiro do Sul, Sorocaba, 16/08/2009. Disponível em: <<http://www.sh.com.br>>. Acesso dia 10 de janeiro de 2011.
- JUSTUS, P – **Construção de Casa entra na Fôrma**. 20 de agosto de 2009 – Publicação do jornal O Estado de São Paulo
- MELLO, M – **Novas Tecnologias em Paredes de Concreto**. 20 de agosto de 2010 – <http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinza/>
- MISURELLI, H e MASSUDA, C – **Como Construir – Parede de Concreto**. junho de 2009 – Revista Técnica Ed. 147 (pág. 74 a 80)
- NBR 8798 – **Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto**. fevereiro de 1985 – ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- PBQP-Habitat – **Regimento do Sistema de Avaliação da Conformidade das Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil – SiAC**. Brasília, março de 2005 – Publicação do Governo Federal - <http://www.pbqp-h.com.br/>
- PBQP-Habitat – **Cartilha do Programa Minha Casa Minha Vida**. Brasília, 2009 – Publicação do Governo Federal - <http://www.pbqp-h.com.br/>
- Portal ABCP – **Associação Brasileira do Cimento Portland**. Acesso em outubro de 2010 – <http://www.abcp.org.br/>
- Portal CDHU – **Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano**. Acesso em outubro de 2010 – <http://www.habitacao.sp.gov.br/>
- Portal ISO – **International Organization for Standardization**. Acesso em agosto de 2010 – <http://www.iso.org>
- REVISTA TÉCNICA. **Estrutura Composta**. Edição 165, 10 de Dezembro de 2010. Editora PINI. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil>>. Acesso em 10 de Janeiro de 2011.

RITCHER, C – **Qualidade da Alvenaria Estrutural em Habitações de Baixa Renda: Uma Análise da Confiabilidade e da Conformidade**. Porto Alegre, fevereiro 2007 – Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SABBATINI, F.H. – **Alvenaria Estrutural – Materiais, Execução da Estrutura e Controle Tecnológico**. Brasília, março 2003 (Última revisão) – Publicação da Caixa Econômica Federal

SILVA, A. S. – **A Evolução dos Edifícios em Alvenaria Auto-Portante**. São Paulo, 2007 – Trabalho de Estruturas e Fundação – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Orientação: Prof. Dr. Henrique Lindenberg Neto

VILELA, Irani. **Engenharia Civil – Cálculo e Construção: Alvenaria Estrutural**, 14/07/2010. Disponível em: < <http://blog.iranivilela.net/2010/07/blog-post.html>>. Acesso dia 10 de janeiro de 2011.