

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA UNIFOR-MG

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DAVI MESSIAS CORRÊA DE FIGUEIREDO

**VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA CONSTRUTIVO CONCRETO PVC EM
COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL**

FORMIGA-MG

2015

Davi Messias Corrêa de Figueiredo

**VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA CONSTRUTIVO CONCRETO PVC EM
COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Formiga (UNIFOR-MG), como requisito básico para a conclusão do curso de Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Especialista Mariana Del Hoyo Sornas.

FORMIGA-MG

2015

F475 Figueiredo, Davi Messias Corrêa de.
Viabilidade técnica do sistema construtivo concreto PVC em
comparação ao sistema de alvenaria convencional / Davi Messias Corrêa
de Figueiredo. – 2015.
78 f.

Orientadora: Mariana Del Hoyo Sornas.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-
Centro Universitário de Formiga-UNIFOR-MG, Formiga, 2015.

1. Sistemas construtivos. 2. Concreto PVC. 3. Alvenaria convencional.
I. Título.

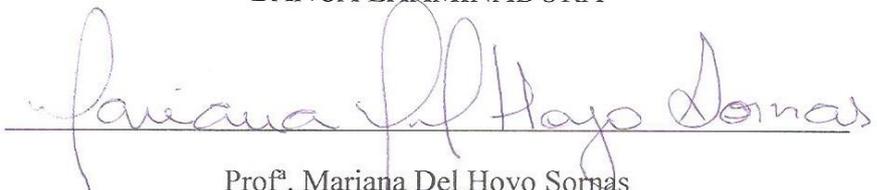
CDD 690

Davi Messias Corrêa de Figueiredo

**VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA CONSTRUTIVO CONCRETO PVC EM
COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Centro Universitário de Formiga (UNIFOR-MG),
como requisito básico para a conclusão do curso de
Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA



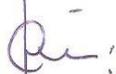
Prof^ª. Mariana Del Hoyo Sornas

Orientadora



Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi

UNIFOR-MG



Prof. Me. Clésio Barbosa Lemos Júnior

UNIFOR-MG

Formiga, 10 de Novembro de 2015

Dedico este trabalho a toda minha família,
base para a minha existência, que sempre
esteve comigo em todos os momentos me
apoiando e me incentivando.
Obrigado Mãe, Pai, Irmão e Érica.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora da Aparecida por essa grande conquista, eles que estão presentes em todos os momentos, cuidando e amparando para que tudo percorra o melhor caminho possível.

Aos meus pais, Davi e Iderli pelo apoio, incentivo, compreensão e por me proporcionarem as condições necessárias para alcançar mais essa conquista. Ao meu irmão Douglas pelos auxílios e conselhos dados nos momentos difíceis. A minha namorada Érica pela compreensão, apoio e ajuda em todos os momentos da minha graduação.

A professora Mariana Del Hoyo Sornas por ter me orientado com muita dedicação, paciência, interesse, incentivo e sugestões.

A todos os meus colegas de sala, companheiros em todos os momentos dessa jornada. Em especial à “Galera do fundão”, pessoas que compartilharam comigo todas as preocupações, tristezas, alegrias e méritos nesses cinco anos de convivência.

A todos os meus professores pelo conhecimento transmitido e dedicação ao trabalho, como a todos os demais funcionários do UNIFOR-MG.

Enfim, a todos os que contribuíram direta, ou indiretamente em toda a minha graduação.

Muito obrigado.

RESUMO

A busca pela inovação tecnológica no setor da construção civil é crescente e acompanha todos os outros setores da economia brasileira. A construção civil no Brasil ainda é baseada no método convencional, com deficiências de produtividade, qualidade e durabilidade, sendo o sistema construtivo mais utilizado baseado em concreto armado e alvenaria de vedação com blocos cerâmicos. Contudo, a partir da evolução do setor o surgimento de novas técnicas construtivas está sendo bastante estimulado. Neste cenário temos o sistema industrializado Concreto PVC, sistema este que utiliza perfis modulares em Policloreto de Vinila (PVC), que são preenchidos com concreto e aço, resultando em um produto final resistente e com diversas qualidades construtivas. As características deste sistema são a sua rapidez de execução, o maior controle da obra e a sua menor agressão ao meio ambiente. O presente trabalho busca evidenciar características do sistema concreto PVC em comparação com as características do sistema de alvenaria convencional, baseando-se em material bibliográfico de diversos órgãos técnicos e publicações, apresentando as principais etapas construtivas de ambos os sistemas avaliando a produtividade, custo e sustentabilidade e estabelecendo suas vantagens e desvantagens.

Palavras-chave: Sistemas construtivos, concreto PVC, alvenaria convencional.

ABSTRACT

The search for technological innovation in the construction sector is growing and comes with all other sectors of the Brazilian economy. The construction industry in Brazil is still based on the conventional method, productivity deficiencies, quality and durability, the most widely used building system based on reinforced concrete and masonry sealing with ceramic blocks. However, from the evolution of the sector the emergence of new building techniques is being stimulated enough. In this scenario we have the PVC Concrete industrialized system, a system that uses modular profiles in Polyvinyl Chloride (PVC), which are filled with concrete and steel, resulting in a final product resistant and several constructive qualities. The features of this system are its speed of execution, greater control of their work and less harm to the environment. This paper seeks to show concrete PVC system characteristics compared to the characteristics of conventional masonry system, based on bibliographical material of various technical and publications organs, showing the main construction stages of both systems assessing the productivity, cost and sustainability and establishing their advantages and disadvantages.

Keywords: Building systems, concrete PVC, conventional masonry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Habitação em concreto PVC.....	19
Figura 2 - Representação do sistema concreto PVC.....	19
Figura 3 – Habitação social em São Luiz do Paraitinga.....	20
Figura 4 - Tempo aproximado de vida útil em serviço de produtos PVC.....	22
Figura 5- Estocagem de painéis PVC em obra.....	25
Figura 6- Codificação das peças, características e localização	26
Figura 7- Fundação radier com tubulações posicionadas e prontas para concretagem.....	27
Figura 8- Fundações radier com barras de ancoragem	27
Figura 9 - Fixação dos perfis guia	28
Figura 10- Guias de montagem modelos sarrafo de madeira	29
Figura 11- Impermeabilização dos perfis	29
Figura 12 - Guia de montagem madeira em uma fundação radier	30
Figura 13- Barras de ancoragem.....	31
Figura 14- Tipos de perfis	32
Figura 15- Montagem dos painéis de PVC.....	33
Figura 16 - Reforços verticais em barras de aço	33
Figura 17- Escora dos Painéis.	34
Figura 18- Reforços de vergas e aberturas, acabamento de portas e janelas.....	34
Figura 19 - Travamento das paredes para concretagem.	35
Figura 20 - Instalação elétrica.	36
Figura 21- Procedimentos para concretagem.	37
Figura 22 - Telhado de madeira sem oitão.	38
Figura 23 - Alvenaria convencional.	39
Figura 24 - Esquema armadura de pilar concreto armado.....	45
Figura 25 - Pilar de concreto armado pronto para concretagem.....	46
Figura 26 - Armadura das vigas de concreto armado.....	46

Figura 27 - Armadura e forma para concretagem da laje	48
Figura 28 - Concretagem e adensamento de uma laje maciça.....	48
Figura 29 - Laje nervurada em bloco de concreto celular autoclavado.....	49
Figura 30 - Laje nervurada com fôrma específica.	50
Figura 31 - Laje nervurada finalizada.....	50
Figura 32- Laje pré-fabricada vigotas cerâmica.	51
Figura 33- Blocos cerâmicos	53
Figura 34- Estrutura telhado de madeira	55
Figura 35 - Sistema hidráulico residencial	56
Figura 36 - Sistema sanitário residencial.....	56
Figura 37 - Sistema elétrico residencial	57
Figura 38 - Camadas de revestimento argamassado.....	59
Figura 39 - Camadas de revestimento cerâmico.....	60
Gráfico 1- Índice da etapa de fechamento dos sistemas.....	66
Gráfico 2- Tempo de execução edificação tipo de 43 m ² , em ambos os sistemas.	67
Gráfico 3- Comparação da área útil em uma residência nos Sistemas Concreto PVC e Sistema Convencional.	68
Gráfico 4- Consumo de água ambos os sistemas.	70
Gráfico 5- Custo por m ² etapa vedação em ambos os sistemas.....	72
Gráfico 6- Custo por m ² de uma obra 30 m ² , ambos os sistemas.....	73
Quadro 1- Material necessário para 01 m ³ de concreto com massa específica de 900 kg/m ³ ..	23
Quadro 2: Valores do coeficiente adicional para pilares e pilares-parede.	44
Quadro 3 – Índice de Produtividade na etapa de fechamento do Sistema Concreto PVC	63
Quadro 4 – Índice de Produtividade na etapa de fechamento do Sistema Convencional	64
Quadro 5 – Prazo de Execução residência de 43 m ² nos sistemas Concreto PVC e Alvenaria Convencional.	65

Quadro 6 - Comparação da área útil de uma edificação no Sistema Concreto PVC e Sistema Convencional.....	68
Quadro 7 – Análise comparativa da redução do consumo de água.	70
Quadro 8– Custo por m ² de estrutura de vedação no Sistema Concreto PVC	71
Quadro 9 – Custo por m ² de parede de alvenaria auto portante pronta.	71
Quadro 10– Comparativo do custo total para edificação de 30 m ² em ambos os sistemas.	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAA: Concreto Auto Adensável

CBIC: Câmara brasileira da indústria da construção

CDUH: Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo

CEI: Centro de Estatística e Informação

COOPETEC: Coordenação de projetos, pesquisa e estudos tecnológicos

EPS: Poliestireno Expandido (Isopor)

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MG: Minas Gerais

Mpa: Mega Pascal

NBR: Norma Brasileira

PAC: Programa de Aceleração do Crescimento

PVC: Policloreto de Vinila

RBS: *Royal Building Systems*

SP: São Paulo

UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 JUSTIFICATIVA	17
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
4.1 Sistema Construtivo Concreto PVC	18
4.2 Características do PVC.....	21
4.3 Concreto Auto Adensável.....	22
4.4 Etapas do Processo Construtivo	24
4.4.1 Armazenamento e Canteiro de Obras	25
4.4.2 Fundações	26
4.4.3 Superestrutura.....	28
4.4.3.1 Ancoragem e Guias dos Painéis	28
4.4.3.2 Painéis em PVC.....	31
4.4.3.3 Sistema Elétrico e Hidro Sanitário	35
4.4.3.4 Concretagem.....	36
4.4.3.4 Cobertura	38
4.4.3.5 Acabamento.....	38
4.5 Sistema de Alvenaria Convencional.....	39
4.5.1 Etapas Construtivas Sistema.....	40
4.5.2 Concreto	41
4.5.3 Fundações	42
4.5.4 Superestrutura.....	43
4.5.4.1 Pilares	44
4.5.4.2 Vigas.....	46
4.5.4.3 Lajes	47
4.5.4.4 Lajes maciças.....	47
4.5.4.5 Lajes nervuradas	49

4.5.4.6 Alvenaria de Vedação.....	52
4.5.4.5 Cobertura	54
4.5.4.6 Sistemas Hidrossanitário e Elétrico.....	55
4.5.4.7 Acabamento	57
5 MATERIAL E MÉTODOS	62
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
6.1 Produtividade.....	63
6.2 Área Útil	67
6.3 Sustentabilidade.....	69
6.4 Custo da Obra	71
7 CONCLUSÃO.....	74
7.1 Sugestões para trabalhos futuros	74
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1 INTRODUÇÃO

O ser humano busca desenvolvimento em todas as atividades que exerce o que não é diferente na construção civil, onde se faz uma constante busca por métodos construtivos mais eficientes, com menor custo e maior sustentabilidade.

A construção civil busca a industrialização do segmento, processo que propõe agilizar as etapas de construção e promover maior qualidade ao produto final (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Esse processo de industrialização na construção, presente em diversas partes do mundo, ainda é pouco difundido no Brasil. Segundo Schimidt (2013) “Prevalece no país à construção convencional, basicamente de perfil artesanal, baixa escala de produção, ambientalmente desgastada, de altos custos e de qualidade e durabilidade não satisfatórias”.

Além do atraso em relação à técnica construtiva, o Brasil possui um grande déficit habitacional. De acordo com o Centro de Estatística e Informação - CEI (2014), o déficit habitacional brasileiro no período de 2011 - 2012 é de cerca de 5,792 milhões de moradias, representado o equivalente a 9,1%. Para sanar esse problema o governo federal criou programas habitacionais, em larga escala, requerendo assim processos industrializados e que atendam a demanda no prazo determinado (FIDELIS, 2011).

Um exemplo de sistema construtivo industrializado é o Concreto PVC, sistema este que utiliza perfis modulares em Policloreto de Vinila (PVC), que são preenchidos com concreto e aço, resultando em um produto final resistente e com diversas qualidades construtivas (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Este sistema possui como características a rapidez de execução, menor agressão ao meio ambiente, maior controle da obra, entre outros. Para Gomes e Lacerda (2014), a versatilidade do sistema possibilita aplicações tanto em construções mais simples, a exemplo de casas populares e Módulo Sanitário Unifamiliar, como em projetos mais complexos.

Tendo em vista todas essas potencialidades do sistema, o presente trabalho faz-se necessário para que o sistema venha a ser apresentado, em suas características e particularidades, comparando-o com o sistema de construção convencional.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é apresentar e analisar o sistema construtivo “Concreto PVC” em suas características, comparando com o sistema de alvenaria convencional, demonstrando suas potencialidades.

2.2 Objetivos Específicos

- Descrição do processo construtivo PVC quanto à técnica construtiva; sustentabilidade; gerenciamento de resíduos; tempo de execução.
- Apresentações das Vantagens e desvantagens do sistema;

3 JUSTIFICATIVA

Diante do déficit habitacional brasileiro o Governo Federal busca incentivar a construção civil a utilizar sistemas cada vez mais industrializados em suas obras.

Segundo estabelecido na última edição do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) seriam investidos R\$ 959,9 bilhões de reais entre 2011 a 2014, com os maiores investimentos em habitação e energia (FIDELIS, 2011).

Com os investimentos no setor, o uso de diversos sistemas industrializados tornou-se uma alternativa para que se conseguisse cumprir os prazos de execução do programa e ainda assim proporcionar uma obra de qualidade e que atenda a todas as normas regulamentadoras.

Para que se consiga uma maior disseminação dos sistemas industrializados na construção civil, faz-se necessário que se apresente as suas principais características e particularidades.

No presente trabalho será abordado o sistema de Concreto PVC, a fim de compará-lo com o sistema de alvenaria convencional, mostrando suas vantagens e desvantagens.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

No ramo da construção civil, a todo o momento novas técnicas e sistemas construtivos surgem a fim de trazer mais qualidade e eficiência ao setor (GOMES; LACERDA, 2014). Estes novos sistemas buscam suprir as deficiências que o modelo convencional em alvenaria detém.

Um destes sistemas é o “Concreto PVC” sistema inovador e difundido em outras partes do mundo, que utiliza painéis de PVC em um sistema modular de rápida execução (CICHELLINI, 2013).

4.1 Sistema Construtivo Concreto PVC

O sistema construtivo “Concreto PVC”, é um processo inovador que busca promover a industrialização do segmento da construção civil. A técnica, que surgiu no Canadá, desenvolvida pela *Royal Technologies*, possui inúmeras vantagens o que facilitou sua disseminação. No Brasil, a técnica também leva o nome de *Royal Building Systems* (RBS), por ser produzida pioneiramente pela *Royal do Brasil Technologies S.A*, uma extensão da empresa canadense.

O sistema busca uma alternativa para substituição dos padrões convencionais de paredes estruturais. A construção convencional, baseia-se basicamente em tijolos e blocos, podendo ser cerâmicos, de concreto ou de qualquer outro material; o sistema de concreto PVC utiliza painéis ocos de PVC. Estes painéis são preenchidos com concreto fluido, e fixados com o uso de barras de aço, resultando em uma estrutura única, podendo ser utilizadas em paredes, muros e coberturas em geral (SCHMIDT, 2013).

A utilização de material PVC para produção dos painéis, resulta em diversas vantagens as estruturas constituintes. Segundo Domarascki e Fagiani (2009), o PVC é resistente à ação de agentes biológicos (fungos, bactérias, roedores, entre outros) e a maioria dos agentes químicos. Possui vida útil superior a vinte anos e resistência à maioria das intempéries (sol, chuva, vento e maresia), além de ser um material reciclável.

Para exemplificar o sistema, a seguir é demonstrada uma habitação construída em concreto PVC na FIG. 1.

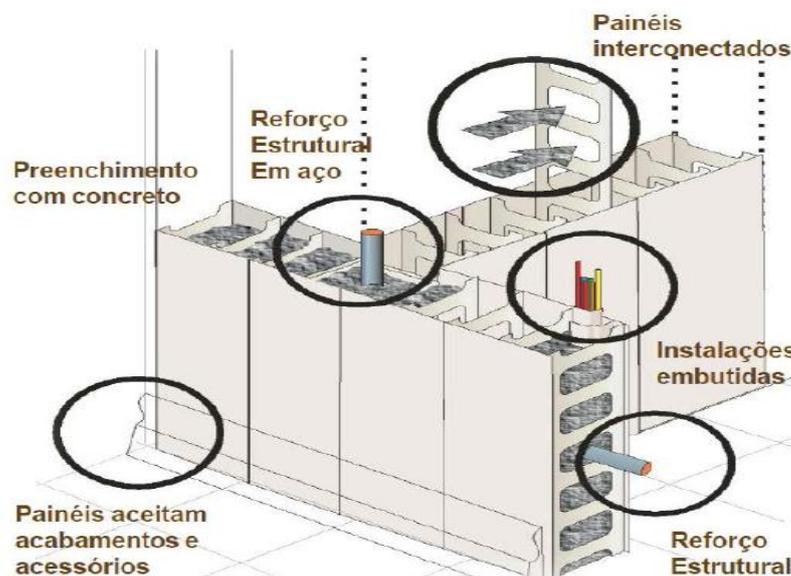
Figura 1 - Habitação em concreto PVC



Fonte: Téchne (2013).

Os painéis de PVC são modulares, composto por diversos perfis vazados de PVC, acoplados entre si por meio de encaixes “macho e fêmea” e unidos por perfis “chaveta” (GOMES; LACERDA, 2014). O interior dos painéis possuem reforços longitudinais, com faces perfuradas, assim, a concretagem conjunta das paredes é possível. No interior oco dos perfis, barras de aço são utilizadas para reforço da estrutura e ligação com a fundação, as faces laterais vazadas facilitam a instalação dos sistema hidráulico, elétrico, gás e telefonia (SCHMIDT, 2013), como apresentado na FIG. 2.

Figura 2 - Representação do sistema concreto PVC



Fonte: Schmidt (2013).

Os demais elementos construtivos como sistema de fundação, elétrico, hidráulico e cobertura; não se diferem muito do utilizado no sistema de alvenaria convencional, sendo necessário pequenas alterações e adaptações. As fundações mais utilizadas são: radier, sapata corrida ou viga baldrame, onde se necessita de uma base lisa e nivelada para o correto apoio dos painéis. A cobertura em uma estrutura em concreto PVC é do tipo convencional, as paredes possuem resistência adequada para suportar os elementos, que na maioria das vezes, são telhados de madeira com telhas cerâmicas (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

A partir destas características, o concreto PVC consegue proporcionar uma construção mais rápida e limpa comparada a um sistema convencional. De acordo com Gomes e Lacerda (2014): “O sistema construtivo Concreto PVC tem uma produtividade quase oito vezes maior que o sistema convencional em alvenaria. Na etapa de fechamento, o PVC tem vantagens por não precisar de revestimento cerâmico e pintura.”

Basicamente o sistema pode ser utilizado em obras de pequeno porte, como residências unifamiliares simples, até obras mais complexas de até quatro pavimentos. No Brasil, o maior emprego do sistema está nas edificações térreas (SCHMIDT, 2013).

Baseado nas propriedades do sistema, a utilização do concreto PVC em habitações populares mostra-se bastante viável. A aplicação da técnica no Brasil é bastante utilizada para construção de moradias populares. O sistema tem sido adotado pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do estado de São Paulo (CDHU), desde 2010. Um grande exemplo da utilização da técnica é o caso de São Luiz do Paraitinga - SP, onde foram construídas 150 moradias em concreto PVC (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2014). A FIG. 3 apresenta o andamento da construção do conjunto habitacional.

Figura 3 – Habitação social em São Luiz do Paraitinga



Fonte: Soluções para cidades (2014).

4.2 Características do PVC

O material Policloreto de Vinila, popularmente conhecido como “PVC”, é um polímero sintético, com aplicações em diversas áreas, representando um dos plásticos mais versáteis existentes. O PVC é um material plástico, que não é 100% originário do petróleo. O PVC contém, em peso, 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio - sal de cozinha) e 43% de eteno (derivado do petróleo) (BRASKEM, 2006).

De acordo com Schmidt (2013), “No Brasil, a demanda de PVC ainda é tímida comparada ao volume consumido em países nos quais seu uso é mais expressivo. O consumo brasileiro representa 2% do consumo mundial, com 62% do mesmo na construção civil”.

Existem diversas propriedades do PVC que fornecem aplicações diretamente ligadas ao setor da construção civil. A grande versatilidade do PVC fornece a capacidade de utilização em diversas maneiras, podendo ser calandrado, injetado, extrusado, espalmado dentre diversas outras (BRASKEM, 2006).

Segundo o instituto do PVC, são aspectos do Policloreto de Vinila:

- Leveza: Peso ($1,4 \text{ g/cm}^3$), o que facilita seu manuseio e aplicação;
- Resistência à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores;
- Resistência à maioria dos reagentes químicos;
- Bom isolante térmico, elétrico e acústico;
- Solidez e resistente a choques;
- Impermeabilidade a gases e líquidos;
- Resistência às intempéries (sol, chuva, vento e maresia)
- Durabilidade: sua vida útil em construções é superior a 50 anos;
- Não propaga chamas: é auto extingüível;
- Versátil e ambientalmente correto;
- Reciclável e reciclado;
- Fabricado com baixo consumo de energia.

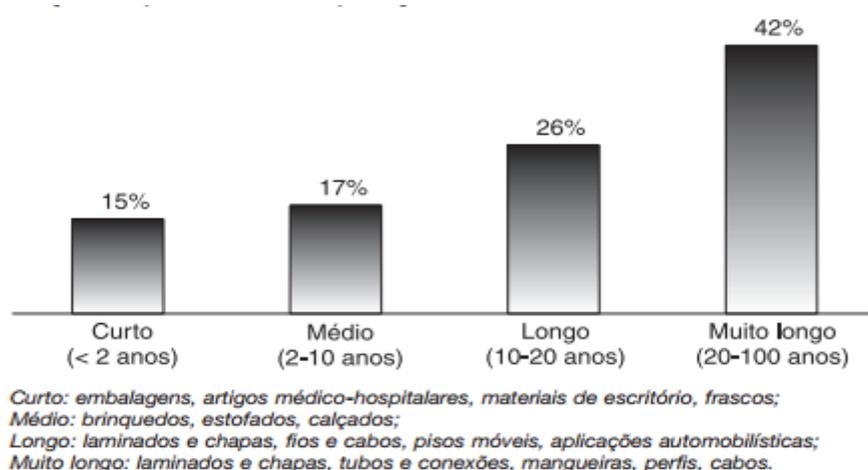
Alguns produtos fabricado com PVC que são amplamente utilizados na construção civil são: calhas, eletrodutos, esquadrias, portas, janelas, recobrimento de fios, isolamento de cabos elétricos, forros e divisórias, galpões infláveis e estruturados, mantas de impermeabilização, persianas e venezianas, pisos, revestimentos de piscinas, redes de distribuição de água potável

e pública, redes de saneamento básico domiciliar e público, revestimento de paredes, siding de vinila e papel de parede (BARTILOTTI, 2014).

Para aplicações em tubos e conexões, fios e cabos, somam aproximadamente 68% da demanda total de PVC no Brasil (ZARZAR JUNIOR, 2011). O PVC apresenta excelente relação custo-benefício quando comparado com materiais como a madeira, metais e cerâmicas, além de apresentar vantagens em quesitos como comportamento antichama, resistência química e ao intemperismo, isolamento térmico, facilidade de instalação, baixa necessidade de manutenção e excelente acabamento (BRASKEM, 2006).

Outra característica bastante aplicável dos materiais em PVC é a sua durabilidade, já que a maioria dos produtos possui vida útil longa. De acordo com Bartilotti (2014), “Grande parte dos seus produtos está em aplicações de longo ciclo (64%), com vida útil superior a 15 anos, como tubos e conexões, pisos, esquadrias e janelas, entre outros, que chegam a ultrapassar os 50 anos de uso”. Na FIG. 4 são apresentados os tempos aproximados de vida útil em serviços de PVC.

Figura 4 - Tempo aproximado de vida útil em serviço de produtos PVC.



Fonte: Braskem (2006).

Devido a todas estas potencialidades, a adesão do PVC a indústria da construção civil, faz-se sólida e em grande ascensão, proporcionando inúmeras vantagens em vários aspectos construtivos.

4.3 Concreto Auto Adensável

Para preenchimento das paredes de PVC, utiliza-se concreto auto adensável (CAA), muitas vezes chamado de concreto leve. Este concreto não difere em relação ao concreto

convencional, sua principal característica é a capacidade de se auto adensar, ou seja, não necessita de sistemas de compactação. Como possui característica fluída, essa compactação é realizada apenas com a força da gravidade (PALARETI, 2009).

Segundo Lisboa (2004):

Entende-se por Concreto Auto-Adensável (CAA), o concreto capaz de preencher os espaços vazios das formas e se auto-adensar apenas sobre o efeito da gravidade e de sua própria capacidade de fluxo. O CAA é caracterizado pela grande capacidade de fluxo sem perda da estabilidade. A capacidade de se auto-adensar é obtida com o equilíbrio entre alta fluidez com grande mobilidade e moderada viscosidade e coesão entre as partículas do concreto fresco. A alta fluidez é alcançada com a utilização de Aditivos Superplastificantes de última geração e a moderada viscosidade e coesão entre suas partículas é conseguida com o incremento de um percentual adequado de adição mineral de granulometria muito fina.

A utilização de um concreto auto adensável no sistema concreto PVC faz-se necessário devido às particularidades do sistema. Os painéis de PVC agem como uma forma, e nela são instaladas os sistemas hidráulico e elétrico, sendo assim é necessário um concreto que se adeque aos espaços vazios com facilidade, dando conformidade à estrutura. Um concreto auto adensável possui massa específica variando de 500 a 2000 kg/m³, enquanto o concreto convencional possui massa específica de 2000 a 2800 kg/m³ (SCHMIDT, 2013).

De acordo com Palareti (2009), o concreto auto adensável possui alguns componentes a mais que o concreto convencional sendo constituído basicamente por: Cimento, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita), água, finos (aditivos minerais), aditivos químicos.

Segundo Schmidt (2013), baseado nos manuais técnicos da *Royal do Brasil Technologies* (2012), o concreto utilizado em seu sistema concreto PVC apresenta o seguinte traço mostrado no QUADRO 1.

Quadro 1- Material necessário para 01 m³ de concreto com massa específica de 900 kg/m³

NÚMERO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
1	Cimento	kg	300
2	Agregado Miúdo	Litros	370
3	Eps (pérolas de isopor)	Litros	750
4	Água	Litros	110
5	Aditivo Vinílico Eps	Litros	1,5
6	Superfluidificante	Litros	3

Fonte: Schmidt (2013).

De acordo com testes realizados na Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coopetec/UFRJ), o traço apresentado pelo manual *Royal do Brasil* apresenta melhor equilíbrio entre desempenho mecânico, isolamento térmico e acústico. Como o sistema é composto por pérolas de isopor EPS, com densidade muito baixa, é necessário o aditivo vinílico para se criar aderência entre as superfícies do EPS com o concreto, evitando que as mesmas emergam á superfície (SCHMIDT, 2013).

Devido a todas as suas particularidades a escolha do tipo de concreto auto adensável representa parte fundamental para a qualidade do sistema.

4.4 Etapas do Processo Construtivo

O processo construtivo Concreto PVC apresenta características bastante particulares como os painéis em PVC, concreto fluido, dentre outros. Contudo os demais sistemas como fundações, sistema elétrico e hidro sanitário, cobertura, não diferem em relação ao sistema convencional, sendo necessário apenas algumas adequações (SCHMIDT, 2013).

O processo pode ser aplicado na maioria dos projetos. De acordo com Domarascki e Fagiani (2009):

A versatilidade do sistema possibilita aplicações tanto em construções mais simples, a exemplo de casas populares e Módulo Sanitário unifamiliar, como em projetos mais complexos, a exemplo de estações de tratamento de esgoto compactas, galpões para uso industrial e comercial, prédios de até quatro pavimentos e imóveis de alto padrão.

Outra característica presente na técnica é o processo de industrialização do sistema. Em seu processo construtivo os perfis encaixáveis são disponibilizados na obra sob medida, isso agiliza o processo, elimina resíduos e promove uma construção mais sustentável.

Segundo Schimidt, 2013:

As concepções do sistema procuram agregar características de industrialização para execução de habitações. Os principais componentes do sistema, que são os painéis de PVC, chegam à obra cortados em suas dimensões finais e identificados com referências que permitem relacionar com as informações constantes em projeto. Com isso busca-se reduzir o número de atividades a serem desenvolvidas no canteiro, limitar o estoque de produto ao essencial, tornar a obra mais limpa e sustentável, a partir de um número de materiais envolvidos e reduzir o consumo de água e energia.

Para Gomes e Lacerda, 2014:

O sistema construtivo tem um baixo consumo energético, podendo chegar a uma economia de até 75% em relação a um sistema construtivo convencional. Também reduz em 97% os desperdícios e entulhos por ser uma construção planejada e pré-

fabricada, economizando em até 73% o consumo de água na obra em relação ao sistema construtivo convencional.

Para que se consiga atingir toda a capacidade do sistema, o seu processo construtivo deve ser executado corretamente, uma vez que, como se trata de um processo industrializado suas peças e componentes já chegam à obra dimensionados, correções e ajustes podem gerar atrasos e prejuízos para a obra (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

4.4.1 Armazenamento e Canteiro de Obras

Para o sistema Concreto PVC, como em qualquer outro tipo de obra, o dimensionamento do canteiro, separação e organização dos materiais trata-se de um fator crucial para o seu desenvolvimento.

Os materiais em PVC podem ser armazenados em qualquer ambiente, mesmo exposto a intempéries, todavia algumas condições de armazenamento devem ser observadas.

Todos os painéis chegam ocós e, em sua maioria, desmontados à obra. A estocagem dos materiais de PVC pode ser feita em qualquer ambiente, inclusive expostos às intempéries, sem qualquer tipo de abrigo ou cobrimento. Entretanto, é importante observar a posição de estocagem dos painéis para evitar deformações nos mesmos. Assim a forma correta de apoio dos perfis é deitá-los sobre uma superfície lisa e plana. Não é recomendado a utilização de calços de apoio, nem a sobreposição de peso sobre as placas, ações que podem provocar abaulamentos e outras deformações na forma do material. (SCHMIDT, 2013).

Na FIG. 5, pode-se identificar a estocagem do material em PVC em superfície plana, apenas com uma cobertura (lona) entre o material e o solo para evitar o contato direto com o mesmo.

Figura 5- Estocagem de painéis PVC em obra



Fonte: Construtora Differ (2013).

A técnica construtiva apresenta sistema modular, gerando assim diversas peças que possuem encaixes e local específico (FIG. 6). Com isso é necessário uma maior organização e cuidado de armazenagem para que não ocorram erros no processo de montagem dos componentes (SCHIMIDT, 2013).

Figura 6- Codificação das peças, características e localização



Fonte: Schimidt (2013).

Para os demais materiais, comuns nos demais processos construtivos (cimento, aço, madeira, etc.), adota-se os mesmos critérios de armazenamento utilizados em uma obra convencional (ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES, 2012).

4.4.2 Fundações

O elemento de fundação no concreto PVC, como em qualquer outro sistema, deve suportar o carregamento da superestrutura gerando estabilidade ao conjunto. O tipo de fundação deve a escolha mais viável técnica e economicamente, escolhida a partir do terreno que será implantado juntamente com o tipo de estrutura a ser construído (SOUZA, 2005).

Para o sistema concreto PVC, é necessário uma base plana de ancoragem, para que os painéis sejam apoiados adequadamente. No caso de habitações térreas, o sistema utiliza a execução de fundações rasas tipo radier, sapata corrida ou viga baldrame (SCHIMIDT, 2013).

Segundo Domarascki e Fagiani (2009):

No concreto PVC é muito aconselhável o radier, ou base de concreto, que deve estar o mais liso possível na área aonde os painéis vão se apoiar. Também é importante o nível do radier já que os painéis vão copiar todas as irregularidades do piso, projetando-o para a parte superior dos mesmos.

O projeto de fundações para o sistema Concreto PVC, não apresenta nenhuma particularidade e/ou característica em relação ao tipo de fundação, sendo executado da mesma

maneira que os outros sistemas, observando a posição de elementos hidráulicos e aberturas. (CICHINELLI, 2013).

Para a utilização do tipo radier é necessário posicionar as tubulações e elementos, realizando a concretagem do radier em conjunto (FIG. 7).

Figura 7- Fundação radier com tubulações posicionadas e prontas para concretagem



Fonte: Construtora Differ (2013).

Após a fundação concluída é necessário à fixação das barras de ancoragem, juntamente com os guias dos painéis (FIG. 8), estes elementos serão abordados nos próximos capítulos.

Figura 8- Fundações radier com barras de ancoragem



Fonte: Domarascki e Fagiani (2013).

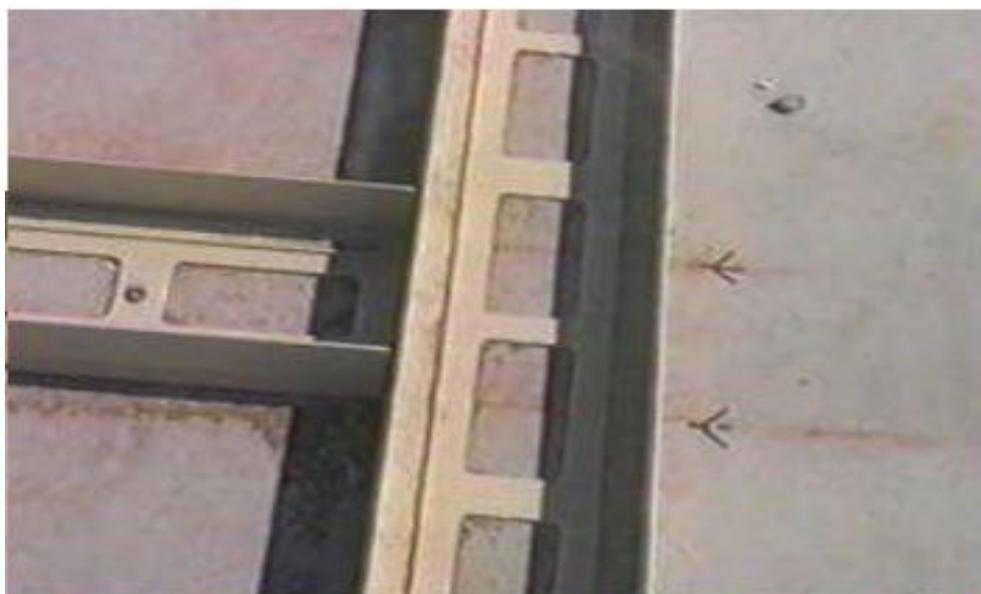
4.4.3 Superestrutura

A superestrutura no Concreto PVC é composta por paredes em painéis de PVC preenchidos com concreto auto adensável, esses painéis recebem todo o sistema elétrico e hidráulico antes da concretagem da estrutura. Finalizando a superestrutura temos uma cobertura que não se difere em relação aos demais sistemas, contudo a cobertura deve ser proporcional ao suporte de carga das paredes (GOMES; LACERDA, 2014).

4.4.3.1 Ancoragem e Guias dos Painéis

Após a execução da fundação escolhida, tem início o processo de fixação dos painéis PVC. O primeiro passo é a marcação da base dos painéis na fundação, a partir dessa marcação são fixados guias de montagem das paredes, que podem ser perfis guias, demonstrados na FIG. 9.

Figura 9 - Fixação dos perfis guia



Fonte: *Systemes Digigraph inc* (1998).

Outro tipo de guia de montagem utilizado são os sarrafos de madeiras, que são demonstrados a seguir na FIG. 10.

Figura 10- Guias de montagem modelos sarrafo de madeira



Fonte: Construtora Differ (2013).

Na utilização de perfis guias, os mesmos devem ser fixados com parafusos, esquadrejados e obedecendo a linha central de cada parede que será executada. As bases do perfil devem ser impermeabilizadas com impermeabilizante a base de elastômeros sintéticos e betumes emulsionados em faixas (FIG 11), (SOUZA, 2005).

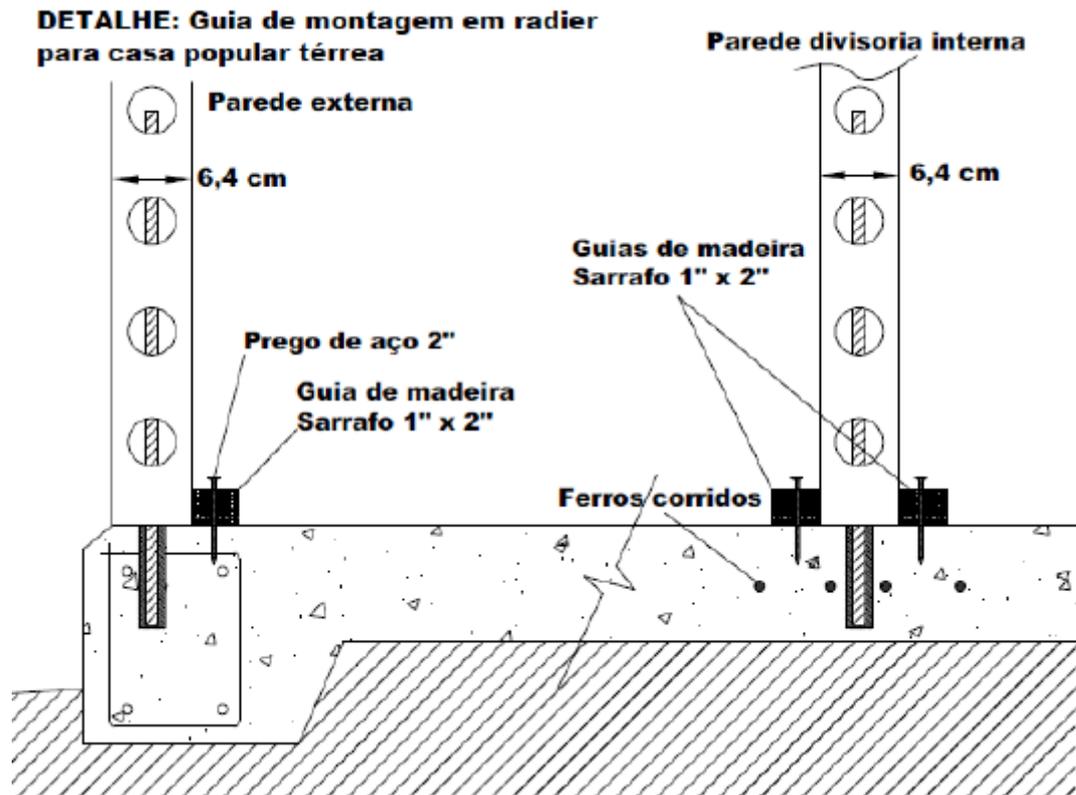
Figura 11- Impermeabilização dos perfis



Fonte: Souza (2005).

Para a utilização de guias de montagem de madeira, sua fixação se dá por meio de pregos de 2", sendo sua dimensão mais comumente utilizada 1"x 2" (FIG. 12) (SCHIMIDT, 2013).

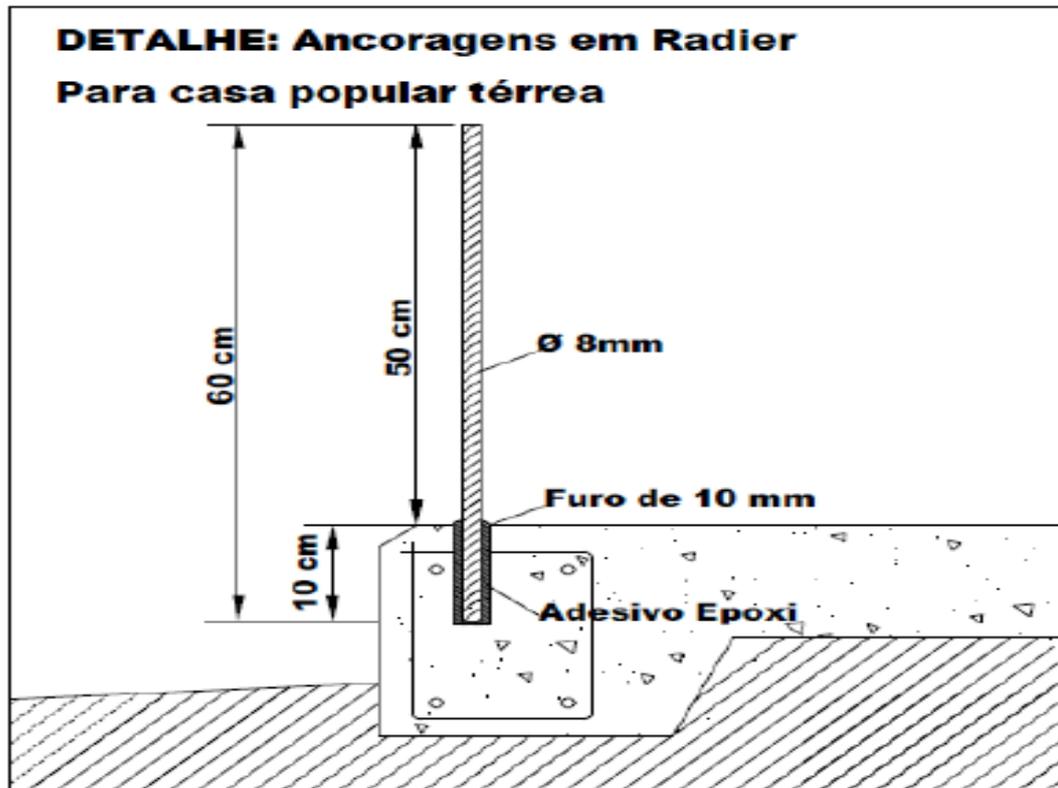
Figura 12 - Guia de montagem madeira em uma fundação radier



Fonte: Schimidt (2013).

Com os guias de montagem instalados, inicia-se a instalação das barras de ancoragem. Essas barras são dispostas no centro das paredes, formando o elemento de ligação entre os painéis e fundação. Segundo Schimidt (2013), utiliza-se para uma casa popular térrea uma ancoragem em barra CA-50, 8 mm de diâmetro, com 600 mm de comprimento, fixado com adesivo epóxi (FIG 13).

Figura 13- Barras de ancoragem



Fonte: Schmidt (2013).

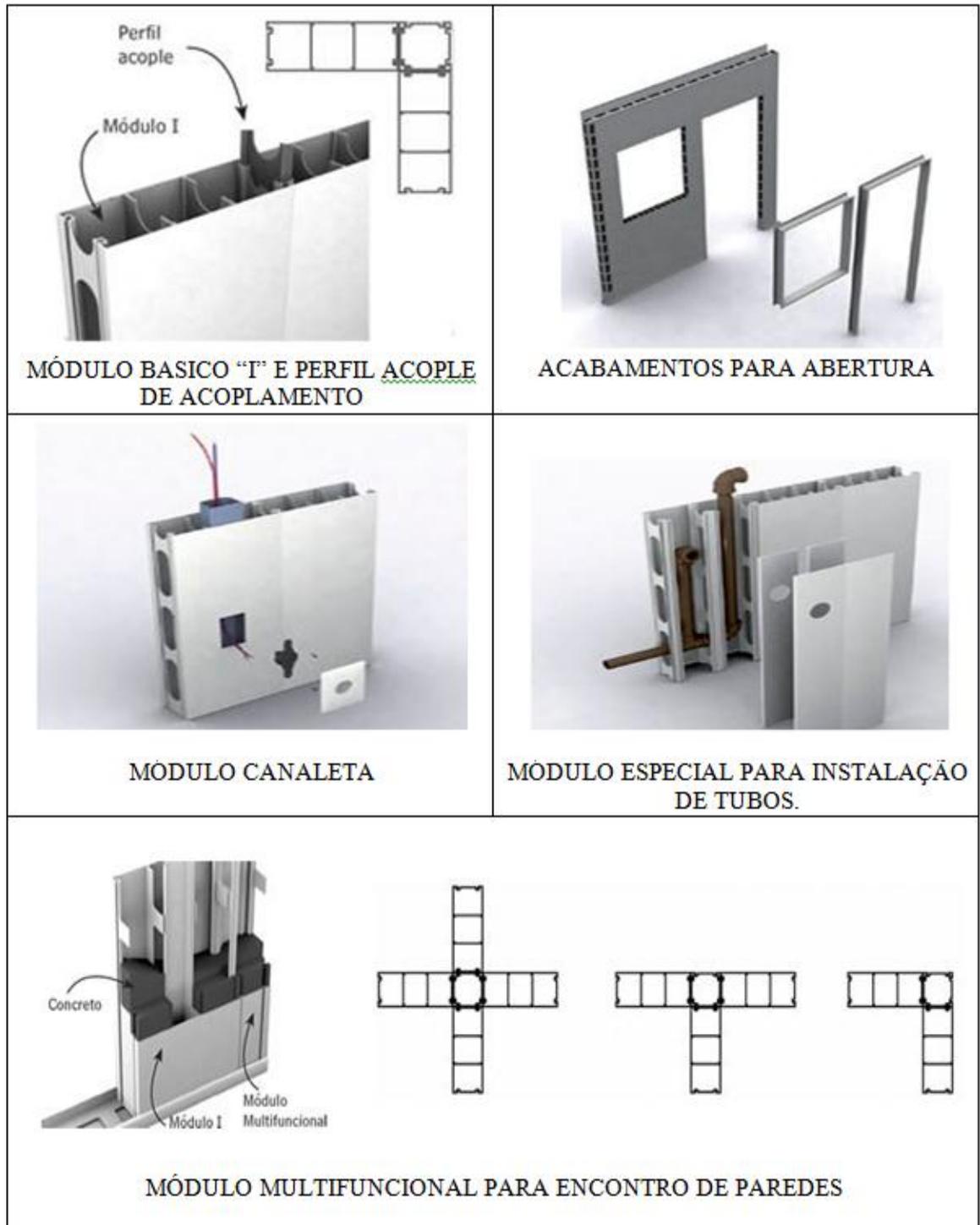
De acordo com Cichinelli 2013, a altura total do elemento de ligação entre a fundação e parede, deve ser de no mínimo 130 mm (ancoragem mais altura em concreto), sendo a ancoragem realizada em barras de aço CA-50 de 10 mm de diâmetro, com 600 mm de comprimento e espaçamento de 800 mm, fixados com adesivo epóxi.

Este dimensionamento deverá ser realizado em relação ao tipo de condições geotécnicas e porte de edificação que será construído (SCHIMIDT, 2013).

4.4.3.2 Painéis em PVC

São peças modulares de encaixes, de diversos tipos que se interligam formando as paredes do sistema. Segundo Cichinelli (2013), “O sistema é composto por sete tipos de perfis de PVC, também chamados de módulos, que se ligam pelo encaixe tipo "fêmea e fêmea" e são unidos por meio de perfis chaveta.” (FIG. 14).

Figura 14- Tipos de perfis



Fonte: Cichinelli (2013).

Primeiramente, é realizada a separação e identificação das peças em obra. Com isso tem-se início o processo de montagem, tendo como base um dos cantos da casa. Os painéis

são centralizados em relação ao alinhamento de paredes e guias de montagem, com as barras de ancoragem proporcionando a ligação com a fundação (FIG. 15), (SCHIMIDT, 2013).

Figura 15- Montagem dos painéis de PVC



Fonte: Construtora Differ (2013).

Para uma melhor estabilidade e resistência da estrutura, são colocados reforços verticais em barras de aço nos pontos críticos da mesma como, ao lado de portas e janelas, encontro de paredes e cantos da edificação, estes reforços possuem o mesmo comprimento do pé direito da edificação, sua instalação é feita apenas posicionando a barra de aço no interior da abertura do módulo de perfil. Os reforços verticais são ilustrados na FIG. 16 a seguir.

Figura 16 - Reforços verticais em barras de aço



Fonte: Domarascki e Fagiani (2013).

No decorrer da montagem da estrutura, as paredes devem ser escoradas para que se consiga uma estabilidade, preparando-as para a concretagem (FIG. 17), (SCHIMIDT, 2013).

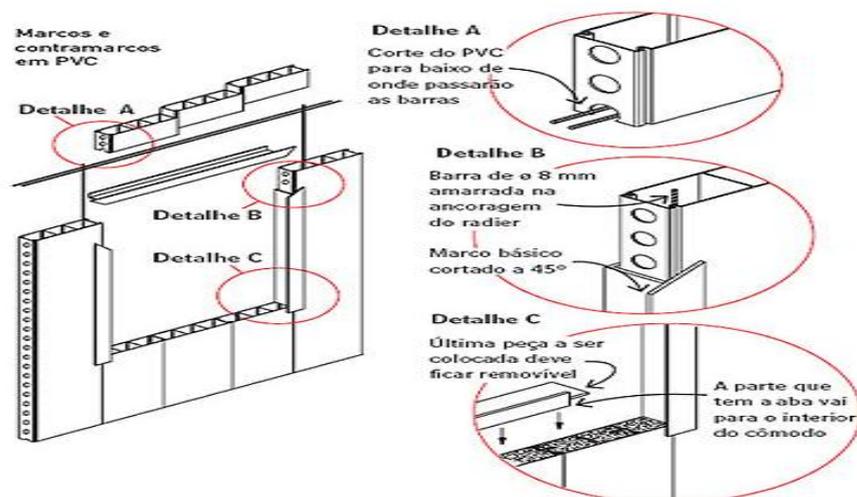
Figura 17- Escora dos Painéis.



Fonte: Kawano e Silva (2009).

O sistema de escoramento apresenta simplicidade, sendo na maioria das vezes utilizado escoras de madeira posicionadas pelos próprios montadores, sendo desnecessária a utilização de ferramentas mais complexas (SOUZA, 2005). Para as aberturas de janelas e portas são utilizados reforços nas vergas, em barras de aço, dispostas no sentido horizontal por meio de aberturas nas faces internas dos painéis, o sistema de acabamento das aberturas é feito com canaletas de acabamento (FRANK, 2008). Os reforços em vergas e aberturas são demonstrados na FIG. 18.

Figura 18- Reforços de vergas e aberturas, acabamento de portas e janelas.



Fonte: Frank (2008).

Após a montagem de toda a estrutura são colocados travas na parte superior das paredes, preparando-as para a concretagem (FIG. 19), (CICHINELLI, 2013).

Figura 19 - Travamento das paredes para concretagem.



Fonte: Construtora differ (2013).

Ao final do procedimento a estrutura já está pronta para concretagem, bastando apenas à instalação dos elementos elétricos e hidráulicos, nos respectivos perfis canaletas, dispostos de acordo com as marcações de projeto.

4.4.3.3 Sistema Elétrico e Hidro Sanitário

O sistema elétrico e hidro sanitário no sistema Concreto PVC não diferem dos demais sistemas. Contudo, faz-se necessário adaptações para que o sistema se adeque as paredes de PVC (SCHIMIDT, 2013).

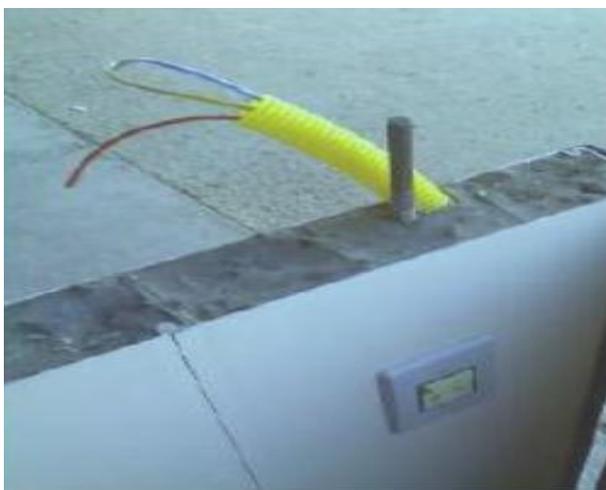
As tubulações hidro sanitárias podem ser instaladas no modelo aparente ou embutido, dependendo, muita das vezes, da dimensão do painel de PVC utilizado (64, 100, 150 mm), outro fator que determina o modelo de instalação é a quantidade de tubos e ramais executados em cada parte da residência, essas instalações podem ser feitas em diversas partes da estrutura (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Quando as tubulações estão embutidas no concreto, faz-se necessário utilizar o envelopamento da tubulação, por exemplo, com outro tubo de primeiro diâmetro maior, isso devido à diferença entre os coeficientes de dilatação térmica dos materiais. A partir disso é possível assegurar a estanqueidade do sistema (SCHIMIDT, 2013).

O processo de instalação do sistema elétrico é bastante simples. Como o interior dos painéis é vazado os circuitos elétricos são montados normalmente, e as aberturas necessárias são feitas com a ferramenta serra copo (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Não se faz necessário à instalação de caixa de energia 5x10 cm neste sistema. Após a concretagem do conduto elétrico, o mesmo fica sustentado pelo concreto, e na sua extremidade é feito um corte no concreto, apenas o suficiente para a instalação de um módulo de tomada ou interruptor. O acabamento do módulo pode se instalado diretamente no painel de PVC (FIG. 20), (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Figura 20 - Instalação elétrica.



Fonte: *Royal do Brasil Technologies* (2012).

Os demais prolongamentos do sistema elétrico como lâmpadas e condutores suspensos, são instalados como nos demais sistemas (CICHINELLI, 2013).

4.4.3.4 Concretagem

O processo de concretagem é um dos mais criteriosos do sistema, independente da origem do concreto, usinado ou produzido em obra, é necessário à atenção a diversos fatores.

De acordo com Schmidt (2013),

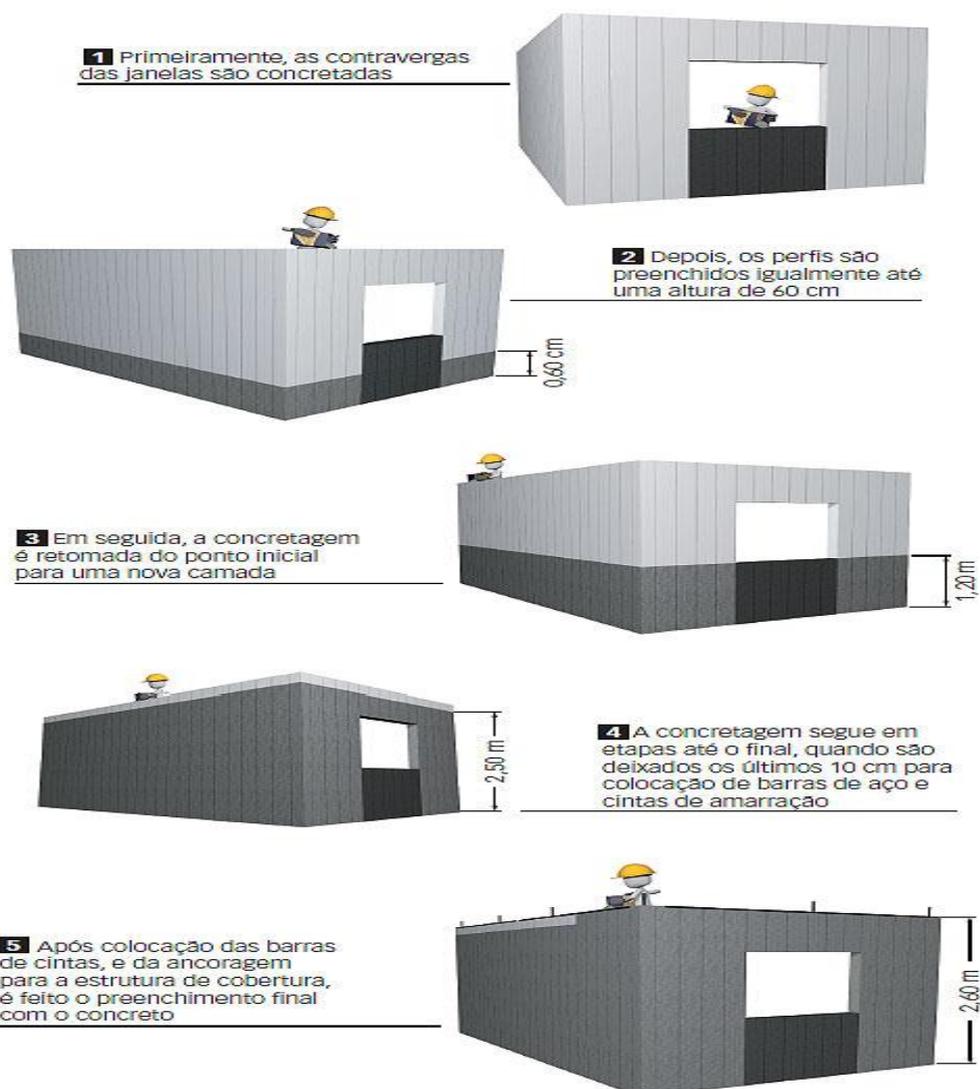
“A concretagem dos painéis de PVC pode ser feita em concreto produzido em obra ou usinado. Para o lançamento do concreto dosado em central deve-se levar em consideração que o tamanho do mangote precisa ser menor que a espessura dos perfis. Para o caso de concreto feito em obra, recomenda-se para o lançamento de concreto, a utilização de funis a fim de facilitar o preenchimento das paredes. Em ambos os casos, essa etapa é a com maior número de particularidades na execução do sistema. Procedimentos inadequados no preenchimento dos perfis de PVC, como

lançamento não uniforme, com alta energia de lançamento ou coluna de concretagem muito alta podem originar falhas de concretagem ou ainda deformar os painéis, causando seu estufamento.”

A concretagem deve ser realizada por etapas, tendo seu início pelas contra vergas e peitoris da janela. Devido às laterais das seções internas vazadas o concreto consegue fluir preenchendo e se adensando na base dos painéis. O lançamento também não deve ser feito em um único ponto, deve-se distribuí-lo em toda a extensão das paredes, não sendo necessária a utilização de vibradores, apenas uma ferramenta como um bastão para espalhar o material e eliminar possíveis bolhas de ar (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Segundo Corsini (2011), o processo de concretagem deve ser realizado da seguinte forma (FIG. 21).

Figura 21- Procedimentos para concretagem.



Fonte: Corsini (2011).

Após a concretagem das paredes segue-se com o sistema de cobertura esta etapa deve ser executada no mínimo 48 horas após a concretagem das paredes, obedecendo ao tempo de cura do concreto aplicado (CICHINELLI, 2013).

4.4.3.4 Cobertura

A cobertura, no sistema concreto PVC é feita da mesma forma que nos outros sistemas, os painéis de PVC trabalham como uma parede de tijolos e suporta as cargas do tipo de telhado escolhido (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

O tipo mais utilizado é o telhado convencional de madeira sem oitão (FIG. 22), as tesouras ficam apoiadas sobre o pé direito das paredes e o fechamento pode ser em madeira alvenaria, ou mesmo forro PVC (ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES, 2012).

Figura 22 - Telhado de madeira sem oitão.



Fonte: Domarascki e Fagiani (2009).

4.4.3.5 Acabamento

O sistema não necessita de revestimento externo tampouco interno em seus painéis, contudo nada impede à utilização de textura e tintas acrílicas com aplicação de primer a base de solventes. É aconselhável a limpeza dos painéis de PVC após sua concretagem, eliminando resíduos de concreto nos mesmos evitando possíveis danos (SOUZA, 2005).

Como o sistema é adaptável à maioria dos materiais, é possível a utilização da maioria dos acabamentos existentes como pinturas, texturas e revestimentos, mesmo que a principal função do sistema dispense essas particularidades.

4.5 Sistema de Alvenaria Convencional

O sistema de alvenaria convencional é um dos sistemas construtivos mais predominantes no Brasil. Constituído por pilares, vigas e lajes de concreto, este sistema utiliza a alvenaria apenas como fechamento, não exercendo função estrutural (FIG. 23). Seus esforços são distribuídos entre lajes, pilares, vigas e repassados para a fundação, onde, ocorre a sua dissipação no solo (SOUZA, 2012).

Figura 23 - Alvenaria convencional.



FONTE: Téchne (2006).

Martins (2009) define a alvenaria como:

Alvenaria é o sistema construtivo de paredes e muros, ou obras semelhantes, executadas com pedras naturais, tijolos ou blocos unidos entre si com ou sem argamassa de ligação, em fiadas horizontais ou em camadas parecidas, que se repetem sobrepondo-se sobre as outras, formando um conjunto rígido e coeso.

Este sistema apresenta como principal característica o seu fechamento (alvenaria), como o mesmo não apresenta função estrutural às reformas e modificações são facilitadas, contudo podem apresentar diversas patologias construtivas, com relação a nível, prumo e esquadro (NASCIMENTO, 2004).

Outro fator presente no sistema é a geração de resíduos, devido ao processo construtivo as paredes são erguidas primeiramente para depois serem inseridos elementos elétricos e hidráulicos. Isso acarreta um aumento na geração de resíduos, retrabalho e desperdício de energia para o sistema (RIBEIRO, 2013).

4.5.1 Etapas Construtivas Sistema

As etapas do sistema de alvenaria convencional constituem-se basicamente em fundações, superestrutura (pilares, vigas, alvenaria), cobertura (telhado e/ou diversos tipos de laje), sistemas elétrico e hidráulico e acabamento (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

A fundação pode ser definida de diversos tipos, tubulões, estaca raiz, sapata corrida etc., dependendo do tipo de solo onde será executada a obra e da carga solicitada pela estrutura. A principal particularidade deste sistema é com relação à superestrutura, onde estão presentes os elementos que irão suportar carga (pilares e vigas) e os elementos de fechamento (alvenaria de vedação). Os pilares e vigas são elementos fabricados em concreto armado, dimensionados a partir da solicitação de carga da estrutura. O fechamento é realizado com alvenaria de vedação. No Brasil os materiais mais utilizados são os blocos (cerâmicos e de concreto), unidos por meio de argamassa de assentamento (SALGADO, 2011).

Os sistemas elétrico e hidráulico estão inseridos diretamente na fundação, vedação e cobertura. Alguns são isolados como os cabos elétricos (isolados com mangueira de plástico), outros são inseridos diretamente nas estruturas (materiais hidráulicos de PVC).

A cobertura pode ser apresentada em concreto armado (lajes), telhados de madeira ou estrutura metálica, podendo ainda, utilizar combinações como lajes em primeira cobertura e telhados como uma segunda cobertura (BORGES, 2009).

4.5.2 Concreto

O concreto é um material resultante da mistura de um aglomerante, materiais inertes e água. O aglomerante usualmente empregado é o Cimento Portland, os materiais inertes compreendem a agregados graúdos e agregados miúdos, podendo adicionar a esta mistura aditivos que modificam suas características químicas e físicas (ALMEIDA, 2002).

O Cimento Portland, aglomerante utilizado na produção do concreto, é um material obtido a partir da sintetização de calcário e argila (clínquer de cimento). Após obtida a mistura, esta é moída, resultando em um produto de textura fina. O cimento fornece as características do concreto executado (PEDROSO, 2009).

Os agregados graúdos e miúdos podem ser tanto de origem natural ou artificial. Predominantemente os agregados naturais correspondem à areias e cascalho de rio, pedras ou cascalho britado e a areia de britagem. Como agregados artificiais encontra-se a escória de alto forno e argila expandida. A forma destes grãos e a conformação superficial influenciam as propriedades do concreto, devendo assim ser isento de impurezas (terra, húmus) sendo ainda necessário observar a granulometria de cada componente para se conseguir o concreto desejado (ALMEIDA, 2002).

Para a água de amassamento são utilizados águas naturais. É necessário apenas precaução quanto à água com impurezas como água de rejeito industrial. A água do mar é inadequada para a fabricação de concreto armado devido à corrosão provocada pelo alto teor de sais presentes. A quantidade de água a ser utilizada é determinada pelo fator água-cimento, quanto menor o teor de água, maior é a sua resistência e menor a sua trabalhabilidade (BAUER, 2011).

Os aditivos são produtos adicionados ao concreto com a função de melhorar o seu desempenho. Dentre os mais utilizados destacam-se os aditivos plastificantes, os aditivos aceleradores e retardadores de pega e os aditivos impermeabilizantes (RIBEIRO et al; 2011).

Dentre as propriedades fundamentais do concreto temos a trabalhabilidade, resistência e durabilidade. Estas propriedades variam de acordo com a proporção dos seus componentes (dosagem ou traço), sendo assim uma correta proporção destes materiais é necessária para que o concreto atenda as necessidades do construtor (RIBEIRO et al; 2011).

O concreto pode ser dosado em obra ou em central, nos dois casos é necessário um controle de qualidade rigoroso acerca dos materiais utilizados e suas proporções. Após a correta dosagem e homogeneização do concreto, ele apresenta consistência fluida. A partir desse período o concreto começa a sofrer reações de hidratação do cimento (início de pega),

neste momento que o concreto deve ser lançado que é a colocação do concreto nos locais previstos (formas, pisos etc.). Quando o concreto é colocado nos locais previstos inicia-se a fase de adensamento do mesmo, que consiste em eliminar os vazios da massa, aumentando sua resistência, durabilidade e impermeabilidade do concreto endurecido. Este adensamento é feito com a utilização de vibradores de imersão em massa, devendo ser feito na medida certa. (RIBEIRO et al; 2011).

Com o concreto lançado e adensado começa o processo de cura, destinada a evitar a evaporação da água utilizada na mistura do concreto, que reage com o cimento. De acordo com Ribeiro et al; 2011:

“A cura evita o fenômeno de retração, que é responsável pelo aparecimento de fissuras e trincas. De acordo com a Norma Brasileira NB-1 – Projeto e execução de obras de concreto armado deve-se fazer uma proteção nos primeiros dias, contados a partir do lançamento, molhando continuamente a superfície do concreto (irrigação), ou mantendo uma lâmina d’água sobre a peça concretada (submersão), ou ainda recobrimo a superfície com plásticos similares.”

Após o processo de cura o concreto consegue a sua resistência final com 28 dias, podendo ainda apresentar resistência de 90% com quatorze dias e 65% com sete dias (BAUER, 2011).

4.5.3 Fundações

Fundação é o elemento estrutural com a finalidade de suportar o carregamento dos esforços ocasionados pelo peso próprio da estrutura e do peso das sobrecargas a que ela é submetida (SALGADO, 2011).

A definição do tipo de fundação que será utilizada dependerá do conhecimento das características do solo e do carregamento que a estrutura gera. Como as obras no sistema de alvenaria convencional podem apresentar diversas proporções, será abordada como tipo base, uma estrutura residencial térrea pequena, para que seja possível apresentar os tipos de fundações mais utilizados.

Para obras de pequeno porte são indicadas fundações diretas também denominadas rasas, que são aquelas que transferem as cargas para camadas de solo capazes de suportá-las, sem deformar-se exageradamente (MELHADO, et al; 2002).

Dentre os tipos de fundações para obras de pequeno porte, destacam-se: Blocos conectados por vigas baldrame, sapatas e radier.

Segundo Melhado et al; (2002), alicerces e blocos correspondem a:

Este tipo de fundação é utilizado quando há atuação de pequenas cargas, como por exemplo, residências de um único pavimento. Os blocos são elementos estruturais de grande rigidez, ligados por vigas denominadas “baldrames”, que suportam predominantemente esforços de compressão simples provenientes das cargas dos pilares. Os eventuais esforços de tração são absorvidos pelo próprio material do bloco. Podem ser de concreto simples (não armado), alvenarias de tijolos comuns ou mesmo de pedra de mão (argamassada ou não). Geralmente, usa-se blocos quando a profundidade da camada resistente do solo está entre 0,5 e 1,0 m de profundidade.

Para este tipo de fundação é necessário uma impermeabilização, pois a umidade presente no solo é absorvida tanto pelo bloco quanto pelo baldrame, e por capilaridade tende a subir penetrando nas paredes superiores. Essa impermeabilização tem como local indicado o respaldo do alicerce, pois é o ponto de ligação entre a parede e o alicerce (BORGES, 2009).

As sapatas são elementos de fundação superficial construídos em concreto armado, para que as solicitações de tração nele empregadas sejam suportadas pela sua armadura. Possuem geometria em planta geralmente quadrada, retangular e trapezoidal, podendo ser isoladas, corridas e associadas (SANTANA, 2011).

As sapatas isoladas são aquelas que recebem o carregamento de apenas um pilar, tendo como característica o baixo consumo de concreto por apresentar dimensões pequenas. As sapatas corridas recebem a carga direta das paredes linearmente acompanhando o sentido das mesmas. Já as sapatas associadas é o tipo de sapata utilizado quando existem pilares muito próximos, ocasionando a sobreposição das sapatas associadas (SALGADO, 2009).

O sistema Radier é descrito por Santana 2011, como: “Placas de concreto armado, que devem resistir a esforços de compressão, momentos provenientes de pilares com cargas diferentes e ocasionalmente a pressões do lençol freático”.

Este sistema possui como característica um consumo elevado de concreto em obras de grande porte, todavia em obras de pequeno porte que não exercem cargas elevadas, mostra-se como uma solução rápida e prática (SANTANA, 2011).

4.5.4 Superestrutura

A superestrutura neste sistema é composta dos elementos estruturais pilares, vigas e lajes, e também de paredes de alvenaria para vedação (KATO, 2002). Estes elementos, tanto

estruturais como de vedação, tem a sua dimensão e geometria definidos de acordo com as características da obra a ser executada.

Os elementos estruturais possuem como característica o concreto armado, proporcionando assim resistência a esforços de compressão e tração. O concreto aplicável nestes elementos varia de acordo com as cargas solicitantes (BORGES, 2009).

4.5.4.1 Pilares

Os pilares são os elementos em concreto armado responsáveis por transmitir o carregamento das estruturas acima para o solo (SALGADO, 2011).

Pinheiro e Scadelai, 2003 descrevem os pilares como:

Pilares são elementos estruturais lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes e cuja função principal é receber as ações atuantes nos diversos níveis e conduzi-las até as fundações. Junto com as vigas, os pilares formam os pórticos, que na maior parte dos edifícios são os responsáveis por resistir às ações verticais e horizontais e garantir a estabilidade global da estrutura. As ações verticais são transferidas aos pórticos pelas estruturas dos andares, e as ações horizontais decorrentes do vento são levadas aos pórticos pelas paredes externas.

O dimensionamento de pilares deve ser rigorosamente verificado. Neste sentido um dos primeiros aspectos a ser observado é em relação às dimensões mínimas. Segundo a NBR 6118, os pilares e pilares-parede maciços, não podem apresentar dimensão menor que 19 cm. Nos casos especiais é possível adotar dimensões entre 14 cm e 19 cm, contudo é indicada a multiplicação dos esforços solicitantes de cálculo por um coeficiente adicional γ_n (ABNT, 6118 2014).

$\gamma_n = 1,95 - 0,05 b$; b é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm) (ABNT, 2014).

Quadro 2: Valores do coeficiente adicional para pilares e pilares-parede.

b cm	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

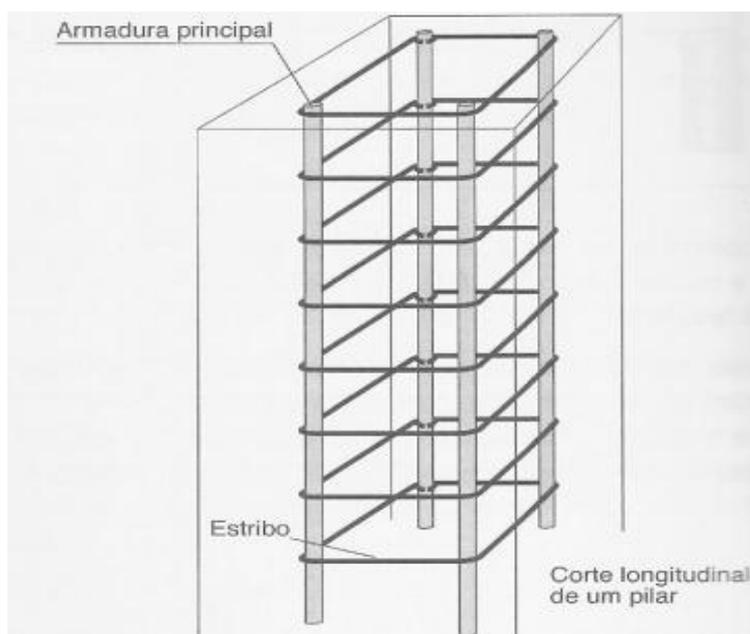
NOTA: O coeficiente γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo quando de seu dimensionamento. Em qualquer caso, não se permite pilar com seção transversal inferior a 360 cm².

Fonte: ABNT (2014).

A armação dos pilares é composta por armadura principal no sentido longitudinal e armadura transversal (estribos), (FIG. 24). As armações longitudinais são contínuas e fixadas à armadura transversal, sua dimensão é definida de acordo com os esforços a que serão submetidas, seu diâmetro não deve ser inferior a 10 mm e nem superior a 1/8 da menor dimensão transversal (CAMACHO, 2014).

A armadura transversal de pilares é constituída por estribos e, eventualmente, por algum grampo complementar, estes devem ser colocados em toda a altura do pilar com espaçamento definido por projeto. Seu diâmetro não deve ser inferior a 5 mm, tampouco a 1/4 do diâmetro da barra longitudinal isolada. A fixação dos elementos é a partir de arames recozidos (BASTOS, 2011).

Figura 24 - Esquema armadura de pilar concreto armado.



Fonte: Sambugaro (2009).

O concreto utilizado nestes elementos deve ser dimensionado de acordo com as cargas solicitantes e a classe de agressividade disposta na NBR 6118-2014 tabela 7.1, p.18. Sempre acima de 20 Mpa, que é a resistência mínima para elementos em concreto armado.

No processo de execução dos pilares é necessária a utilização de formas, pois sua aplicação é em estado plástico fazendo necessário um elemento que o contenha no formato desejado ao final da fase de cura (SALGADO, 2011). As formas podem ser feitas de diversos materiais: metal, madeira ou mistas (madeira e metal), sendo geralmente a predominância de formas totalmente de madeira (FIG. 25).

Figura 25 - Pilar de concreto armado pronto para concretagem



Fonte: Unifal (2011).

4.5.4.2 Vigas

As vigas são elementos estruturais normalmente retas e horizontais, destinadas a vencer vãos e transmitir as ações atuantes nelas para os apoios que geralmente são pilares. As ações são, em geral, perpendiculares ao seu eixo longitudinal, recebendo forças normais de compressão e/ou tração, sendo concentradas ou distribuídas (BASTOS, 2011).

As vigas são compostas por concreto estrutural e armadura de aço, com isso conseguem suportar os esforços de compressão e tração. Assim como os pilares a viga é composta por armadura principal longitudinal (Positiva e Negativa) e armadura transversal (estribos), (BASTOS, 2011), mostrados na FIG. 26.

Figura 26 - Armadura das vigas de concreto armado



Fonte: Unifal (2011).

A NBR 6118 (ABNT, 2014), aponta alguns parâmetros a serem considerados no dimensionamento das vigas:

A seção transversal das vigas não pode apresentar largura menor que 12 cm e a das vigas-parede, menor que 15 cm. Estes limites podem ser reduzidos, respeitando-se um mínimo absoluto de 10 cm em casos excepcionais, sendo obrigatoriamente respeitadas as seguintes condições:

- a) alojamento das armaduras e suas interferências com as armaduras de outros elementos estruturais, respeitando os espaçamentos e cobrimentos estabelecidos nesta Norma;
- b) lançamento e vibração do concreto de acordo com a ABNT NBR 14931.

Os elementos constituintes da armadura são definidos a partir dos esforços solicitantes, tanto na armadura longitudinal, quanto na armadura transversal. A NBR 6118-2014 também aponta parâmetros mínimos para execução dos estribos

O diâmetro da barra que constitui o estribo deve ser maior ou igual a 5 mm, sem exceder 1/10 da largura da alma da viga. Quando a barra for lisa, seu diâmetro não pode ser superior a 12 mm. No caso de estribos formados por telas soldadas, o diâmetro mínimo pode ser reduzido para 4,2 mm, desde que sejam tomadas precauções contra a corrosão dessa armadura. O espaçamento mínimo entre estribos, medido segundo o eixo longitudinal do elemento estrutural, deve ser suficiente para permitir a passagem do vibrador, garantindo um bom adensamento da massa.

O concreto utilizado neste elemento, juntamente com as formas para execução contém as mesmas características dos pilares de concreto armado.

4.5.4.3 Lajes

Laje é um elemento bidimensional plano, destinado a piso ou cobertura nas construções, esse elemento recebe as cargas aplicadas ao seu uso, como de móveis, equipamentos, pessoas dentre outros. Essas cargas são geralmente transmitidas para as vigas de apoio no entorno da laje, podendo às vezes ser transmitidas diretamente para os pilares (BASTOS, 2011).

As lajes podem ser de diversos tipos, maciças e nervuradas (pré-moldadas). Sendo as lajes pré-moldadas as mais utilizadas em obras de pequeno porte (SALGADO, 2011).

4.5.4.4 Lajes maciças

As lajes maciças possuem sua espessura totalmente preenchida com concreto, contendo armaduras no seu interior, que lhe conferem resistência à tração. Geralmente este

tipo de laje é aplicado em obras de grande porte, com a espessura do concreto mínimo de 7 cm, e armadura podendo ser nas duas ou em apenas uma direção (CAMACHO, 2004).

A laje maciça apresentada na FIG. 27, é altamente resistente e fornece excelente isolamento acústico e térmico. Possui o processo de execução todo na obra, com o escoramento por formas planas, essas geralmente em madeirite, que posteriormente recebem a armadura da laje (BASTOS, 2011).

Figura 27 - Armadura e forma para concretagem da laje



Fonte: Bastos (2011).

Após a montagem da laje é realizado a concretagem e adensamento (FIG. 28) na espessura dimensionada.

Figura 28 - Concretagem e adensamento de uma laje maciça



Fonte: Bastos (2011).

4.5.4.5 Lajes nervuradas

As lajes nervuradas são lajes que possuem vigas que se cruzam, solidarizadas pela mesa. De acordo com a NBR 6118-2014 (ABNT, 2014), “Lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos está localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte”.

As lajes moldadas em obra podem apresentar preenchimento inerte, um exemplo é o bloco de concreto celular autoclavado, material leve que não contribui com a resistência da laje, apenas preenchendo o espaço tornando a estrutura mais leve (CAMACHO, 2004).

Na FIG. 29 é demonstrada uma laje nervurada com preenchimento em bloco celular autoclavado.

Figura 29 - Laje nervurada em bloco de concreto celular autoclavado



Fonte: Bastos (2011).

As lajes nervuradas também podem ser construídas sem o material inerente, essas lajes necessitam de formas próprias para sua execução, uma vez que devem conformar o elemento com os espaços vazios. Estas fôrmas já podem ser encontradas em material polipropileno e em metal (BASTOS, 2011). Na FIG.30 temos uma laje nervurada com uma fôrma específica.

Figura 30 - Laje nervurada com fôrma específica.



Fonte: Bastos (2011).

Na FIG. 31 temos uma imagem da parte inferior de uma laje nervurada finalizada.

Figura 31 - Laje nervurada finalizada



Fonte: Bastos (2011).

Outro tipo de laje nervurada é a pré-moldada ou pré-fabricada. Constituída por pequenas vigas, denominadas vigotas em formato de “T”, ou “T” invertido, sendo pré-moldadas em concreto armado. O elemento de preenchimento dessa laje são as denominadas

lajotas, são feitas de cerâmica ou concreto e padronizadas para se encaixar entre as vigotas, podendo essas lajotas ser encontradas também em isopor (EPS) (SALGADO, 2011).

O processo de montagem da laje é realizado posicionando as vigas em paralelo, com distância regular igual ao tamanho dos elementos de preenchimento (lajotas). O conjunto cobrirá todo o vão ao ser vencido, apoiando-se nas vigas das extremidades, essa laje é escorada para a concretagem e posteriormente são colocados vergalhões transversais ao sentido das vigotas. O concreto é lançado em cima da estrutura formando uma capa de concreto que varia de acordo com as dimensões da vigota, dimensão do vão e carregamento que ela será submetida (BORGES, 2009).

A seguir na FIG. 32 é demonstrado um exemplo de laje pré-fabricada com vigota de cerâmica.

Figura 32- Laje pré-fabricada vigotas cerâmica.



Fonte: Techne (2004).

4.5.4.6 Alvenaria de Vedação

A alvenaria de vedação é o elemento que caracteriza este sistema. Alvenaria pode ser caracterizada como “Um conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso” (TAUIL; NESE, 2010).

Essas vedações verticais são um subsistema da estrutura, formando elementos que dividem o ambiente interno, controlam as intempéries, controlam as ações de agentes indesejáveis, e propiciam condições de habitualidade as construções residenciais (BORGES, 2009).

Alguns tipos mais comuns de alvenaria são a alvenaria de vedação, alvenaria ciclópica e alvenaria estrutural. A alvenaria de vedação possui elementos padronizados (blocos, tijolos cerâmicos e maciços) unidos por argamassa de assentamento, sem a função estrutural, apenas vedação. A alvenaria ciclópica é constituída de blocos ou unidades que não possuem padrão de dimensão, normalmente são utilizadas pedras de grandes dimensões, assentadas com argamassa de cimento, cal e areia, podendo ainda ser assentadas com barro. A alvenaria estrutural é o tipo de alvenaria que possui a função de suportar os esforços estruturais de uma edificação. Neste sistema é necessário uma padronização dos blocos ou unidades, funcionando em conjunto com os outros elementos estruturais, sendo assim uma vez definida as paredes em projeto, não se pode realizar nenhuma mudança em sua concepção, isso resultará em comprometimento estrutural da mesma (SALGADO, 2011).

Para o determinado trabalho iremos abordar a alvenaria de vedação com blocos cerâmicos, onde de acordo com Marinho e Penteado 2011, “A alvenaria confeccionada com blocos cerâmicos maciços ou furados, são as mais utilizadas nas construções de um modo geral”.

O bloco cerâmico é o elemento principal do processo, Segundo Zulian et. al 2002, os blocos cerâmicos são definidos como:

“Elementos fabricados por prensagem ou extrusão da argila, que após um processo de pré-secagem natural, passa pelo processo de queima controlada sob alta temperatura, produzindo blocos maciços ou furados com dimensões padronizadas e normatizadas. São tradicionalmente utilizados nas alvenarias de vedação nas construções”.

Os blocos cerâmicos são oferecidos em uma vasta oferta de dimensões. De acordo com as necessidades de projeto podem ser encontrados blocos com 4,6, 8 e 9 furos (FIG. 33) e

ainda, com menor frequência os de 2 furos e maciços, estes furos podem ser redondos ou quadrados (SALGADO, 2011).

Figura 33- Blocos cerâmicos



Fonte: Téchne (2004).

A argamassa de assentamento é o elemento ligante dos blocos cerâmicos. Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005), “É uma mistura constituída de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)”.

As argamassas são constituídas por cimento, areia e cal, este último podendo ser substituído por aditivos plastificantes. As juntas de assentamento podem variar de 1 a 2 cm de espessura, devendo ser em amarração para distribuir adequadamente as tensões e movimentações térmicas (SALGADO, 2011).

O primeiro passo para a execução da alvenaria de vedação é a marcação das paredes “locação”, para isso é riscado o centro da parede, quando a mesma for construída sob uma laje e/ou piso acabado. Quando a parede for levantada diretamente sobre a viga baldrame acompanha o alinhamento do mesmo. Após a locação das paredes inicia-se o processo de assentamento da primeira fiada, para que se garanta o alinhamento correto das paredes e o nivelamento da parede. O processo se repete na etapa chamada de elevação, onde a argamassa de assentamento é estendida sobre a superfície da fiada anterior e na face lateral do bloco, recebendo o bloco superior até a altura de parede estipulada (NASCIMENTO, 2004).

4.5.4.5 Cobertura

Segundo Salgado (2011), “A cobertura é o elemento da construção que tem como primeira finalidade proteger a obra e o seu conteúdo contra as intempéries e ações da natureza”. Entende-se ainda que a cobertura é composta de dois elementos principais que são a estrutura e cobertura que cobre esta estrutura. Contendo ainda alguns elementos complementares de captação de água pluvial (BORGES, 2009).

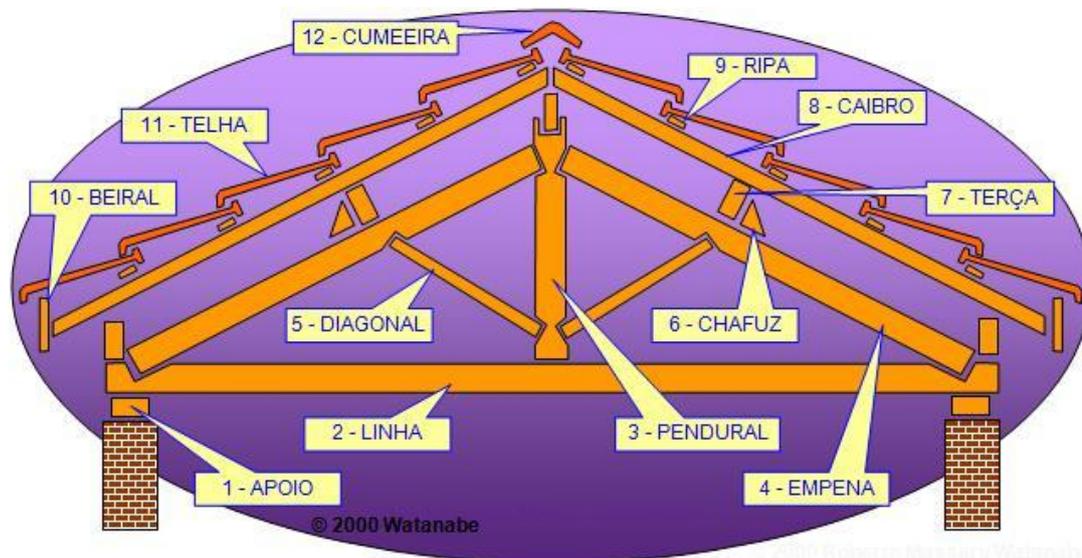
A cobertura no sistema de alvenaria convencional geralmente é composta por telhados de madeira, estes apresentados com estrutura em madeira, metálica, e com cobrimento com telhas de diversos materiais cerâmica, metálica, fibrocimento, dentre outros. Estes telhados podem ser de diversos formatos, alguns tipos de telhados são denominados de acordo com o número de planos para escoamento de água, classificados como “águas do telhado” (BORGES, 2009).

A estrutura de um telhado em madeira é composta basicamente pelos seguintes elementos (SALGADO, 2009):

- Tesoura: estrutura autoportante constituída de diversas peças formando uma estrutura treliçada com a finalidade de suportar toda a carga de um telhado.
- Cumeeira: linha mais alta de um telhado.
- Linha: peça de alinhamento da tesoura que recebe
- Empena: suporta as terças e dá inclinação à estrutura conforme o tipo de telha utilizado.
- Pendural: elemento vertical de distribuição das cargas de um telhado.
- Diagonal: elemento oblíquo de distribuição das cargas de um telhado.
- Terça: peça localizada entre o frechal e a cumeeira que tem finalidade de travar as tesouras e suportar a estrutura de caibros.
- Beiral: parte da estrutura do telhado que se projeta além da alvenaria externa.
- Ripa: peças de apoio das telhas, pregadas sobre os caibros.
- Caibro: peças de apoio para as ripas, pregadas sobre as terças.
- Frechal: nome dado à primeira terça da tesoura.

Na FIG. 34 temos o esquema das peças constituintes de um telhado.

Figura 34- Estrutura telhado de madeira



Fonte: Watanabe (2005).

As telhas que serão utilizadas na composição do telhado podem ser dos mais variados materiais, as mais comumente utilizadas são as telhas em cerâmica e fibrocimento. A escolha da telha influencia diretamente na estrutura do seu telhado em inclinação e disposição das peças de suporte (LONGSDON, 2002).

As telhas cerâmicas podem apresentar diversos modelos (plana, portuguesa, romana, capa/canal, etc..). As telhas de fibrocimento podem ser encontradas em grandes dimensões, com isso fornece facilidade e rapidez na execução de um telhado, contudo é necessário atentar-se para sua fragilidade a grandes ventos e inspeção periódica da fixação das mesmas devido ao seu tipo de fixação (parafusos ou ganchos) (SALGADO, 2009).

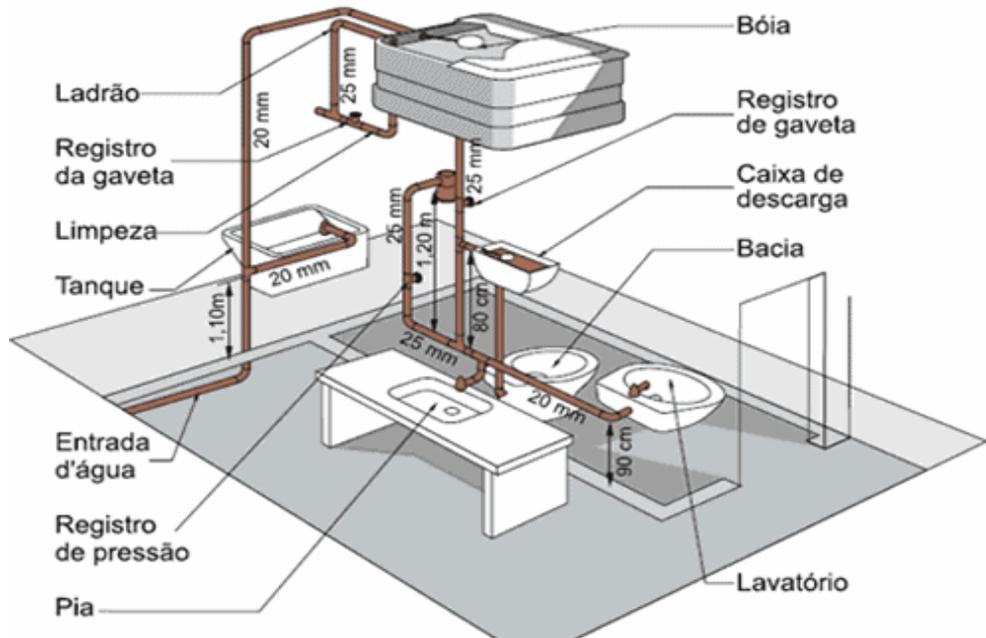
4.5.4.6 Sistemas Hidrossanitário e Elétrico

Os sistemas hidrossanitários e elétrico contemplam o abastecimento de água da edificação, eliminação de dejetos (esgoto), e fornecimento de energia elétrica (BORGES, 2009).

O sistema hidrossanitário é dividido em sistema hidráulico (FIG. 35), que é responsável pelo abastecimento de água da edificação, e pelo sistema sanitário que transporta os dejetos produzidos pelos habitantes e pela manutenção da residência. Estes sistemas são constituídos por peças geralmente em PVC, que conferem resistência e facilidade na execução dos

mesmos. São exemplos dos materiais que compõem o sistema, tubos, conexões, reservatório de água, registros de gaveta/pressão, etc. (SOUZA, 2009).

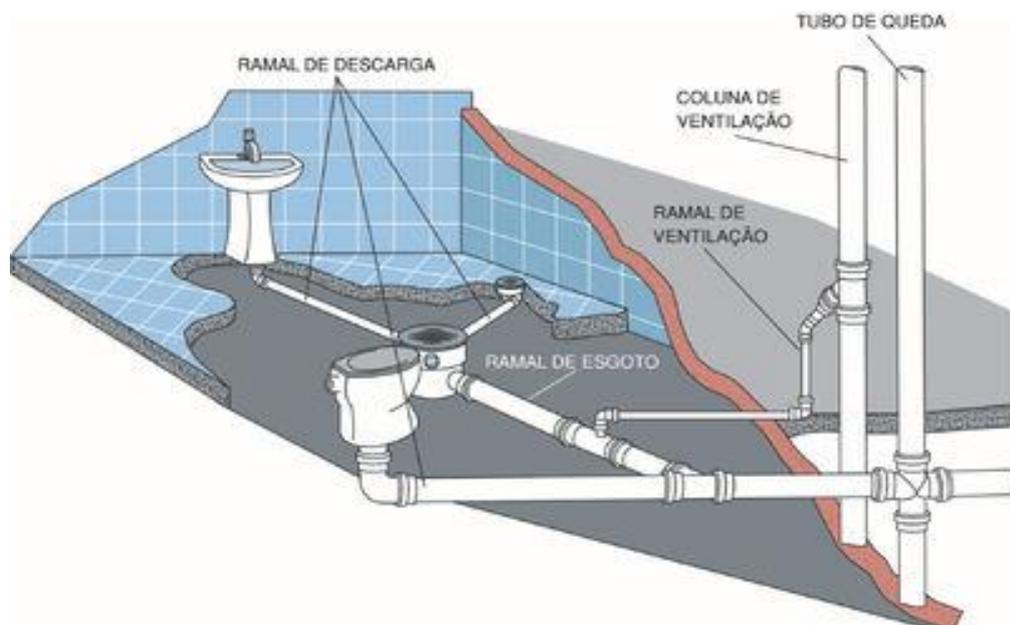
Figura 35 - Sistema hidráulico residencial



Fonte: Souza (2009).

A seguir na FIG. 36 o esquema de um sistema sanitário residencial básico.

Figura 36 - Sistema sanitário residencial



Fonte: Souza (2009).

Os componentes do sistema ficam embutidos na alvenaria e no solo quando em edificações térreas. Como a alvenaria é executada na sua totalidade, faz-se necessário executar aberturas onde esses elementos serão inseridos. Isso resulta em um retrabalho grande e também gera diversos resíduos desnecessários, sendo este um dos aspectos mais relevantes quanto ao sistema hidrossanitário (MARINHO; PENTEADO, 2011).

O sistema elétrico em uma edificação (FIG. 37) é composto por cabos, condutores, disjuntores, lâmpadas, caixas de passagem, tomadas, eletrodutos, etc. Este sistema também é embutido na alvenaria com os cabos e fios sendo protegidos por mangueira sanfonada de plástico também chamado de eletroduto corrugado (SALGADO, 2009).

Figura 37 - Sistema elétrico residencial



Fonte: Equipe de obra (2013).

Assim com o sistema hidrossanitário, o sistema elétrico também requer um retrabalho, gerando resíduos, devido ao embutimento do mesmo na alvenaria.

4.5.4.7 Acabamento

O acabamento no sistema de alvenaria convencional pode ser definido como o revestimento das estruturas e aplicação de sistema de pintura. O revestimento proporciona

proteção contra intempéries que a estrutura está submetida, já o sistema de pintura confere um acabamento para esse sistema, proporcionando cor e regularização, proporcionando uma mais qualidade e beleza à obra (ZULIAN et al; 2002).

O revestimento serve para proteger todas as partes da construção sejam estruturais, ou de vedação, contra as intempéries como chuva, vento, sol entre outros. Estes revestimentos são encontrados de diversos tipos, os mais comuns são os de argamassa, cerâmicos e os de pedra (SALGADO, 2009).

O revestimento argamassado é o mais comum e tradicional, de acordo com BORGES (2009), “O revestimento mais utilizado é o de argamassa de cimento, cal e areia, por ser o mais econômico e de simples execução. Normalmente, é aplicado em três camadas: chapisco, emboço e reboco”.

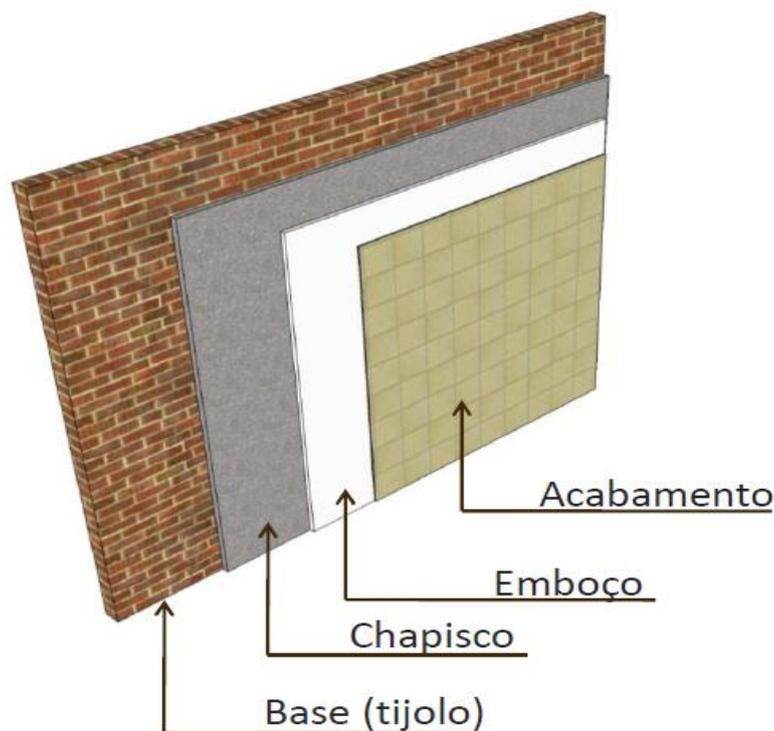
O chapisco é a primeira camada de revestimento, é aplicado diretamente sobre a alvenaria e sua principal função é melhorar a aderência para a próxima camada. Possui espessura variando entre 5 e 7 mm. O traço da argamassa é de 1:3 (volume) de cimento e areia média, com adição de água, sua aplicação é feita com colher de pedreiro ou com algum outro equipamento de projeção (SALGADO, 2009).

A segunda camada de revestimento é o emboço, possui a finalidade de regularizar a superfície da alvenaria e corrigir imperfeições com relação a alinhamento e prumo. Possui espessura variando de 2 a 2,5 cm, o traço é variável, basicamente 1:2:6 (volume) de cimento, cal e areia, e adição de água, com o cal fornecendo trabalhabilidade para a argamassa. Para a aplicação desta camada é necessário colocar taliscas como base para o alinhamento do pano de revestimento, dando assim condições para o acabamento final, sarrafeando normalmente com uma régua de alumínio (BORGES,2009).

O reboco é a última camada do revestimento, serve para regularizar o emboço e deve ser aplicado somente 21 dias após a aplicação do emboço. A argamassa de reboco é composta por cimento, cal e areia fina peneirada, com adição de água, a espessura do reboco não deve ser maior que 5 mm, tendo a função de acabamento final. Após a aplicação é utilizado uma desempenadeira para a correção do reboco, sendo o acabamento final com desempenadeira provida de espuma (SALGADO, 2009).

O sistema das camadas de um revestimento argamassado é demonstrado na FIG. 38.

Figura 38 - Camadas de revestimento argamassado



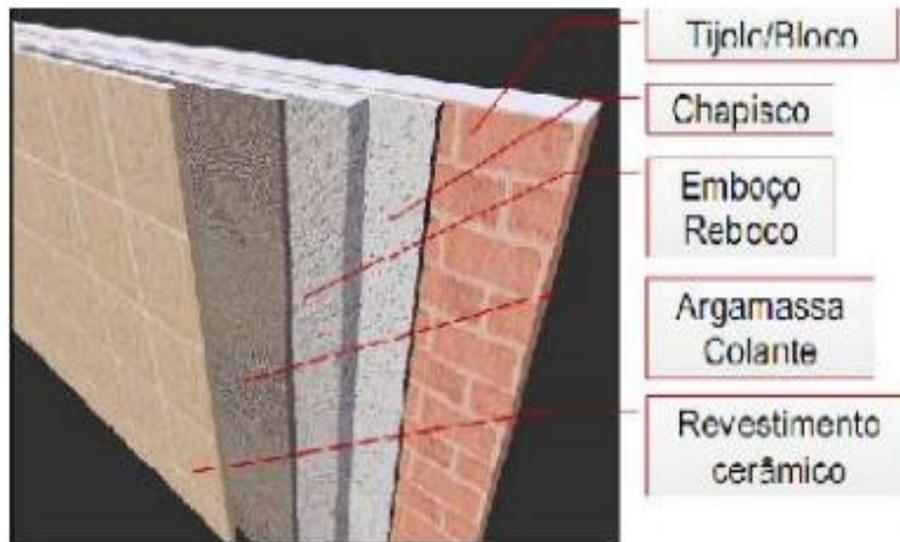
Fonte: Royal do Brasil (2011).

Os revestimentos cerâmicos são largamente utilizados em áreas sujeitas a presença de água, não impedindo seu uso em outros ambientes. São placas de diversas dimensões, fabricados industrialmente a partir de argilas, filitos, talcos, feldspatos (grês) e areias (quartzo). A espessura média é de 5,4 mm, possuindo na face posterior (tardoz), saliências para aumentar a aderência da argamassa de assentamento (ZULIAN et al; 2002).

Os revestimentos cerâmicos são aplicados a partir da camada de emboço, com a utilização de argamassa de assentamento, que pode ser produzida em obra ou industrialmente, bastando apenas adicionar água. Para o assentamento do revestimento cerâmico é necessário executar juntas entre as peças, conforme a NBR 8214 (ABNT, 1983). Nela são estabelecidas as dimensões mínimas de acordo com as dimensões das peças cerâmicas utilizadas. As juntas impedem a propagação das tensões entre as peças e favorecem os ajustes de alinhamento e diferenças entre as mesmas (ZULIAN et al; 2002).

Na FIG. 39 são demonstradas as camadas de revestimento cerâmico em uma parede de alvenaria convencional.

Figura 39 - Camadas de revestimento cerâmico



Fonte: Equipe da Obra (2013).

Após o assentamento das placas cerâmicas é utilizado argamassa para o rejuntamento. Estas fornecem solidez e acabamento ao sistema e o protegem contra infiltrações. Elas devem acompanhar as mesmas características da cerâmica, para proporcionar além de proteção um bom aspecto arquitetônico (SALGADO, 2009).

O assentamento de pedras, sejam elas trabalhadas ou não, também é feito a partir de argamassa para assentamento. É necessário às vezes adaptar a espessura da camada de argamassa de assentamento conforme a espessura da pedra. O processo de assentamento segue os mesmos princípios das placas cerâmicas (BORGES, 2009).

Outro tipo de acabamento é o sistema de pintura, que é aplicado sob o revestimento com a finalidade de impedir a ação das intempéries na estrutura. Uma das funções da pintura é impedir a ação da umidade seja ela proveniente de chuva, condensações ou limpeza, de se infiltrar nos elementos construtivos. Outra função da pintura é a regularização da superfície do revestimento argamassado, uma vez que, o mesmo deixa uma camada áspera com grânulos de areia pouco aderidos à superfície (SALGADO, 2009).

As tintas são compostas de veículos, pigmentos, solventes e aditivos, elementos que proporcionam a cor, textura, trabalhabilidade da mesma. A diferente combinação destes elementos resultam em tintas para diversos fins, como tinta para exteriores, interiores, metais, madeiras, dentre outros (RIBEIRO et al; 2011).

O processo de execução da pintura deve ser realizado sobre a parede com rebocos seco e curado, preferencialmente após 30 dias de aplicação do mesmo. A superfície deve estar lixada com lixa de granulação apropriada, para eliminar as partes soltas. Caso haja alguma irregularidade no revestimento, esta pode ser sanada com o uso de massa corrida, tanto para interior quanto para exteriores. Após a regularização da superfície é necessário seguir as prescrições de aplicação da tinta como, tipo de diluente, quantidade de demão aplicáveis, rendimento, etc.. O cumprimento das particularidades de rendimento de cada tinta deve ser seguido corretamente para que não se comprometa o sistema de pintura aplicado (BORGES, 2009).

5.0 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho constitui-se de uma revisão da literatura especializada, realizada entre fevereiro e outubro de 2015, onde realizou-se uma consulta a livros e periódicos presentes na Biblioteca Ângela Vaz Leão do UNIFOR-MG-Centro Universitário de Formiga e por artigos científicos no banco de dados Scielo, Biblioteca Brasileira de Teses e Dissertações, dentre outros.

A busca nos bancos de dados foi realizada utilizando como tema os Sistemas de Alvenaria Convencional e de Concreto PVC, abordando seus aspectos construtivos, características e particularidades. As palavras chave foram Alvenaria, Concreto PVC.

Os critérios de inclusão para os estudos foram análises construtivas dos processos, normas e manuais com técnicas de utilização dos referidos sistemas e estudos comparativos com relação às particularidades de cada um.

Logo em seguida, busca-se comparar os devidos sistemas, baseados no material encontrado, a fim de apontar as particularidades e diferenças entre ambos. Os parâmetros de comparação abordados foram a produtividade entre os sistemas, seu custo, geração de resíduos e área útil.

6.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de analisar a viabilidade do Sistema Construtivo Concreto PVC, faz-se necessário sua comparação em relação a algum outro sistema construtivo. Para fins de comparação, o sistema escolhido foi o Sistema de Alvenaria Convencional devido a sua grande utilização na construção civil brasileira.

As etapas construtivas semelhantes entre os sistemas não foram levadas em consideração para as análises comparativas, sendo assim, os parâmetros adotados compreendem: Fechamento, Revestimento e Estrutura.

Estas etapas compreendem a cerca de 44% do valor do imóvel, podendo ser apontadas como as mais relevantes, com um maior consumo de material, tempo e dinheiro em uma obra (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

6.1 Produtividade

A produtividade em um sistema construtivo representa a quantidade da taxa de produção de um determinado serviço, produzida em determinado intervalo de tempo (LIMMER, 2010).

De acordo com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em Fevereiro de 2015 a mão de obra na construção civil representa um total de 45,55% do valor da obra (IBGE, 2015). Com isso, a análise e a comparação entre os sistemas em destaque, mostram que podem gerar economia e rapidez para a execução de uma obra.

De acordo com Miranda 2014, a produtividade para a etapa de fechamento de uma edificação tipo popular, pode ser calculada a partir dos índices nos quadros a seguir:

Quadro 3 – Índice de Produtividade na etapa de fechamento do Sistema Concreto PVC

Descrição	Homem Hora/m ²
Montar parede oca	0,18
Escorar e colocar ferragens	0,27
Concretagem	0,25
Total homem hora/m²	0,70

Fonte: Miranda (2014).

Quadro 4 – Índice de Produtividade na etapa de fechamento do Sistema Convencional

Descrição	Homem Hora/m ²
Alvenaria de tijolo furado esp. nominal 10 cm	2,10
Chapisco	0,50
Emboço Desempenado	1,71
Pintura em látex	0,85
Total homem hora/m²	5,16

Fonte: Miranda (2014).

Baseado nos índices descritos por Miranda 2014 consegue-se calcular a produtividade da etapa de vedação em ambos os sistemas. Para exemplificar toma-se como base uma edificação com 100 m² de vedação a ser construída, com uma equipe de trabalho de dois funcionários, com uma jornada de 08 horas de trabalho diárias.

Para o Concreto PVC:

Primeiramente multiplica-se a área a ser construída pelo índice de produtividade da etapa de fechamento, apontado por Miranda (2014) no QUADRO 3, obtendo o total de horas gastos para a realização da etapa (eq. 1).

$$100m^2 \cdot 0,70 \frac{hh}{m^2} = 70hh \quad (1)$$

Após obter o total de horas necessário, calcula-se o total de horas trabalhadas por dia da equipe (eq. 2).

$$1 \text{ equipe com } 02 \text{ funcionários} = 02 \text{ operários} \cdot 8 \text{ h diárias de trabalho} = 16 \frac{hh}{dia} \quad (2)$$

Por fim, para se obter a quantidade de dias gastos para a realização da vedação, divide-se o total de horas necessário pelo total das horas trabalhadas por dia (eq. 3).

$$70hh / 16 \frac{hh}{dia} = 4,375 \text{ dias} \quad (3)$$

Resultando em um total de 4,375 dias para a realização de 100 m² de vedação em Concreto PVC.

Para o Sistema convencional:

Assim como no sistema Concreto PVC, para o Sistema convencional multiplica-se a área a ser construída pelo índice de produtividade da etapa de fechamento, apontado por Miranda (2014) no QUADRO 4, obtendo o total de horas gastos para a realização da etapa (eq. 4).

$$100m^2 \cdot 5,16 \frac{hh}{m^2} = 516hh \quad (4)$$

Após obter o total de horas necessário, calcula-se o total de horas trabalhadas por dia da equipe (eq. 5).

$$1 \text{ equipe com } 02 \text{ funcionários} = 02 \text{ operários} \cdot 8 \text{ h diárias de trabalho} = 16 \frac{hh}{dia} \quad (5)$$

Por fim, para se obter a quantidade de dias gastos para a realização da vedação, divide-se o total de horas necessário pelo total das horas trabalhadas por dia (eq. 6).

$$516hh / 16 \frac{hh}{dia} = 32,25 \text{ dias} \quad (6)$$

Resultando em um total de 32,25 dias para a realização de 100 m² de vedação em Alvenaria convencional.

Outro exemplo dos parâmetros de produtividade de ambos os sistemas é o estudo apontado pela Câmara brasileira da indústria da construção - CBIC (2014), onde referência à produtividade de ambos os sistemas de maneira geral em uma obra, apresentados no QUADRO 5 abaixo:

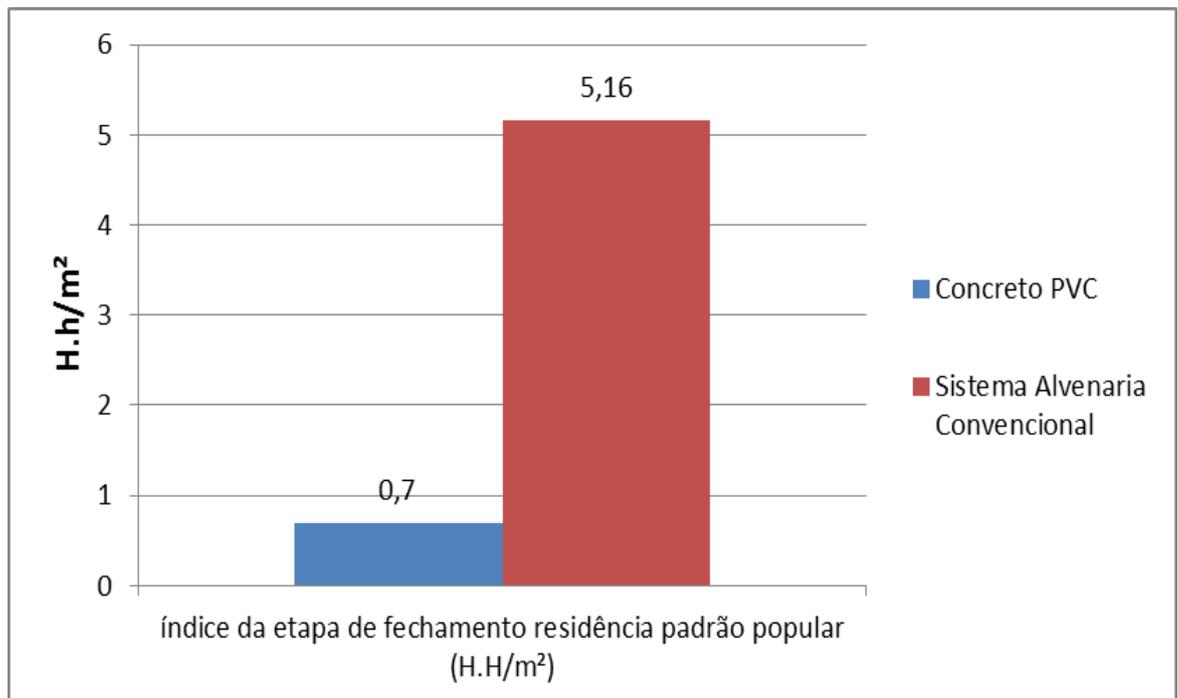
Quadro 5 – Prazo de Execução residência de 43 m² nos sistemas Concreto PVC e Alvenaria Convencional.

Casa 43 m ²		
Sistema	Hh/m ²	Prazo Execução
Concreto PVC	2,41	12,9 dias
Alvenaria Convencional	12,31	66,16 dias

Fonte: CBIC (2014).

Para se ter uma visão geral dos dados apresentados acima, temos no GRAF. 1, a relação entre os índices de produtividade dos sistemas na etapa de fechamento. O índice para o sistema Concreto PVC apresenta-se aproximadamente sete vezes maior que em relação ao sistema convencional. Esta é característica dos sistemas industrializados, uma vez que os componentes da obra já chegam ao canteiro em módulos, gerando mais rapidez na execução, maior controle de materiais e menor desperdício.

Gráfico 1- Índice da etapa de fechamento dos sistemas.

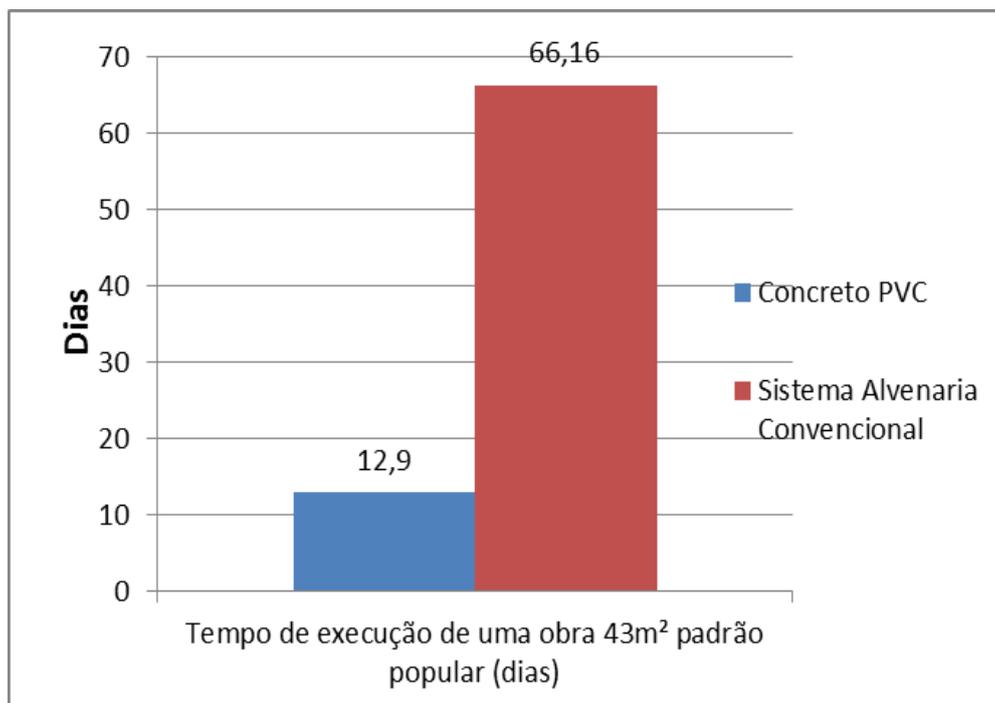


Fonte: Autor (2015).

Especificamente no Concreto PVC está é uma etapa crucial no processo, sendo o seu grande diferencial. Os painéis de PVC que compõem as paredes do sistema chegam totalmente prontos à obra, salvo alguns pequenos ajustes que possa vir a surgir. Estes painéis são leves e detém uma grande praticidade e rapidez na montagem.

O GRAF. 02 apresenta a comparação do tempo em dias demonstrada no QUADRO 5, na execução de uma edificação tipo, de aproximadamente 43 m².

Gráfico 2- Tempo de execução edificação tipo de 43 m², em ambos os sistemas.



Fonte: Autor (2015).

Uma edificação popular em Concreto PVC chega a ser executada cinco vezes mais rapidamente que no processo convencional. Esse ganho final na execução das obras no Sistema PVC é reflexo da otimização de suas etapas, como a etapa de fechamento que é entregue pré-fabricada e pronta para montagem, e também a etapa de revestimento, que devido às características do PVC podem ser descartadas. O tempo reduzido de execução das etapas somados reflete em um menor tempo de execução das edificações em Concreto PVC.

6.2 Área Útil

Devido à característica de fechamento dos sistemas, ambos apresentam relações de área diferentes. O Sistema Concreto PVC é constituído por painéis de PVC de diversas espessuras variando de (64, 75, 100 até 150 mm), (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009). No sistema convencional a maioria dos blocos cerâmicos variam de (90, 115, 140, 190 mm).

De acordo com Brandão e Melo (2014), em uma edificação convencional 30 m² composta por paredes de 15 cm, comparada com a mesma edificação em Sistema Concreto PVC com painéis de espessura 7,5 cm, temos os seguintes dados apresentados no QUADRO 6.

Quadro 6 - Comparação da área útil de uma edificação no Sistema Concreto PVC e Sistema Convencional.

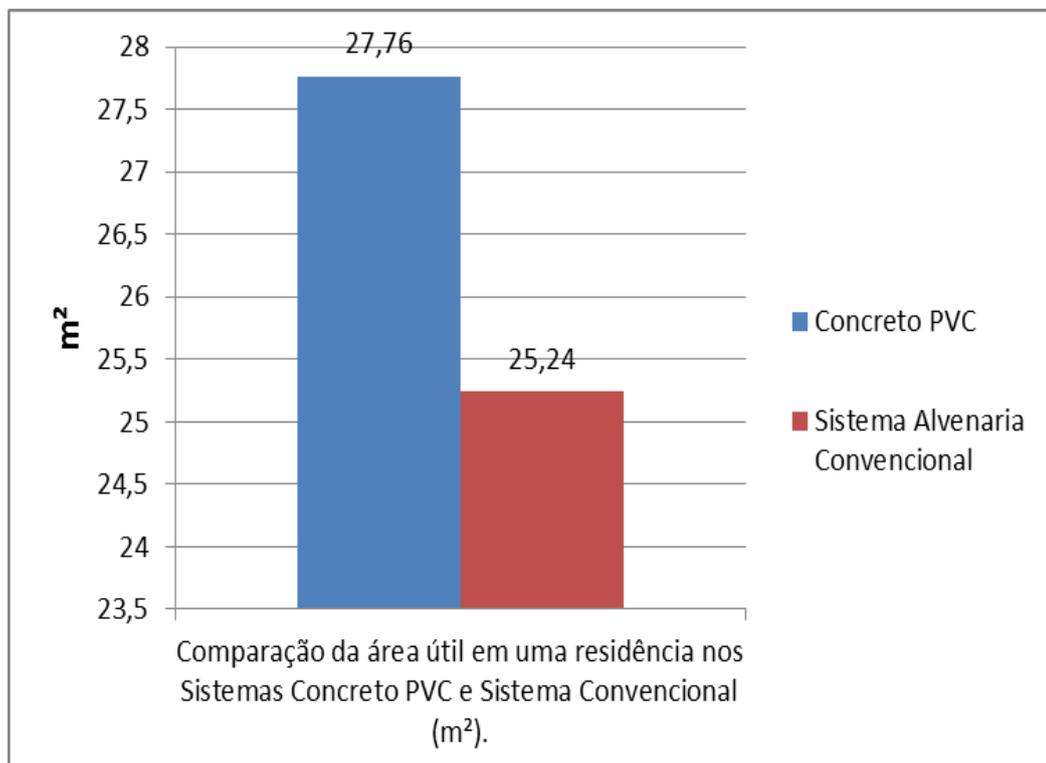
Local	Convencional área (m ²).	Concreto PVC área (m ²).
Quarto maior	6,96	7,57
Quarto menor	5,75	6,30
W.C.B (banheiro)	1,69	1,94
Estar/Jantar	8,30	8,95
Cozinha	2,54	3,00
Total	25,24	27,76

Fonte: Brandão; Mello (2014).

A comparação em relação à área útil em ambos os sistemas é demonstrada no GRAF.

3. O ganho de área útil do Sistema Concreto PVC se mostrou um ponto bastante favorável, devido à diminuição da espessura da parede em 50%, ocorreu um acréscimo de área útil total de aproximadamente 10%.

Gráfico 3– Comparação da área útil em uma residência nos Sistemas Concreto PVC e Sistema Convencional.



Fonte: Autor (2015).

Atualmente com as edificações sendo construídas em terrenos cada vez menores, esse ganho de área útil mostra-se uma alternativa para amenizar a falta de espaço, tornando a escolha do concreto PVC válida para esta situação.

6.3 Sustentabilidade

As práticas sustentáveis são um ponto crucial na construção civil brasileira. Sua utilização é estimulada por diferentes agentes como: governos, consumidores, investidores e associações (CORREA, 2009).

De acordo com Fagundes 2011, apud Angulo et al (2002):

“A construção sustentável, conceito oriundo das discussões sobre a Agenda 21, visa: aumentar as condições ambientais para as gerações futuras; repensar toda a cadeia produtiva, desde a extração de matéria prima; levar em consideração os processos construtivos, aprimorando assim as condições de saúde e segurança dos trabalhadores; reduzir a poluição; economizar energia e água; minimizar a liberação de materiais perigosos no ambiente; maximizar a qualidade e minimizar o custo das construções.”

Nas premissas da construção sustentável, o Sistema Concreto PVC apresenta características que devem ser observadas. De acordo com a *Royal Buyilding System*, o sistema apresenta os seguintes parâmetros relacionados ao sistema convencional:

- 97% de redução de desperdícios e entulhos;
- Economia de até 73% no consumo de água na obra;
- Economia de até 75% no consumo de energia elétrica;
- Redução de até 7% da área construída;

O consumo de água em qualquer construção é alto, os gastos variam entre necessidades de funcionários e nos processos construtivos. Para se conseguir reduzir o consumo de água no setor é necessário implantar medidas de redução tanto para as necessidades humanas quanto nos processos construtivos.

Miranda (2014) realiza um comparativo do consumo de água entre os sistemas Concreto PVC e Convencional, (QUADRO 7).

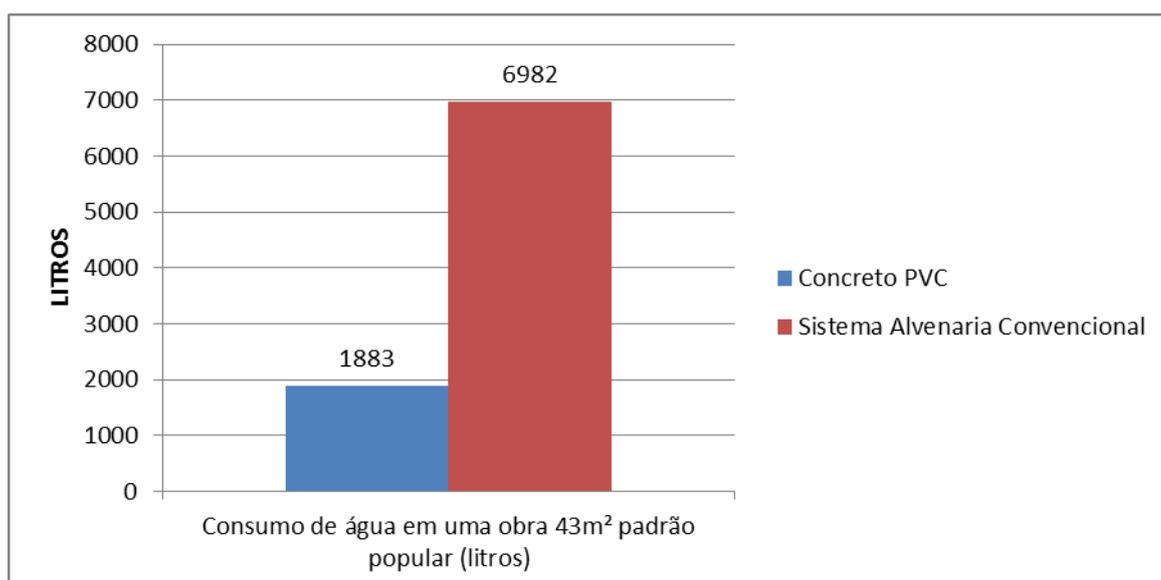
Quadro 7 – Análise comparativa da redução do consumo de água.

Casa de 43 m ² de área total, padrão popular.		
Descrição	Construção Convencional (l.)	Construção com PVC (l.)
Umedecer tijolos	2400	0
Argamassa de assentamento	800	0
Argamassa para rebocos	900	0
Consumo humano	480	75
Perdas Variadas	1600	200
Concreto das Paredes	130	936
Concreto das fundações	672	672
Total	6982	1883

Fonte: *Royal Building System* (2011).

Como demonstrado acima, as características sustentáveis do sistema são bastante favoráveis. O GRAF. 04 apresenta um comparativo geral em relação ao consumo de água em uma obra de 43 m². O consumo no sistema Concreto PVC é de aproximadamente 3,8 vezes menor em comparado ao sistema convencional, também devido às características de suas etapas principais.

Gráfico 4- Consumo de água ambos os sistemas.



Fonte: Autor (2015).

6.4 Custo da Obra

Desde a inserção do sistema construtivo Concreto PVC no Brasil em 2001, alguns estudos em relação ao seu custo comparado ao sistema convencional foram desenvolvidos.

Segundo Domarascki e Fagiani (2009) o custo de uma estrutura de vedação no Sistema Concreto PVC no ano de 2009 é descrito no QUADRO 8:

Quadro 8– Custo por m² de estrutura de vedação no Sistema Concreto PVC

Material	Mão de Obra	Un.	Consumo	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Painel de PVC espessura 75 mm.		m ²	1,00	84,71	84,71
Concreto Dosado e lançado, fck = 20 Mpa.		m ²	0,08	247,73	19,82
Barra de aço CA 50 ø8mm.		kg	1,50	3,82	5,37
Ripas de peroba de 5 x 1,2 cm		M	1,00	2,08	2,08
Prego 18x27”		kg	0,001	5,27	0,01
	Total M.O.	H	0,7	7,67	5,37
Leis sociais 122%					6,55
BDI 23%					27,07
Total					124,26

Fonte: Domarascki; Fagiani, (2009).

Domarascki e Fagiani (2009) aponta também o custo por m² de parede de alvenaria auto portante pronta, apresentado no QUADRO 9:

Quadro 9 – Custo por m² de parede de alvenaria auto portante pronta.

Material	Un.	Consumo	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Alvenaria de bloco cerâmico portante e=14cm	m ²	1,00	49,01	49,01
Concreto Grout para parede auto portante	M ³	0,006	416,06	2,50
Armadura CA 50 ø8mm para parede auto portate.	kg	1,60	7,53	12,05
Chapisco	m ²	1,00	5,77	5,77
Emboço Desempenado	m ²	1,00	20,18	20,18
Látex	m ²	1,00	12,87	12,87
Total				102,37

Fonte: Domarascki; Fagiani, (2009).

Ainda com relação ao preço de uma obra, BRANDÃO E MELO (2014) descrevem um estudo comparativo dos custos em uma edificação de 30,12 m², nos sistemas Alvenaria Convencional e Concreto PVC. Os dados e levantamentos foram gerados no ano de 2010. A seguir, no QUADRO 10 é demonstrado o custo total da obra nos dois sistemas:

Quadro 10– Comparativo do custo total para edificação de 30 m² em ambos os sistemas.

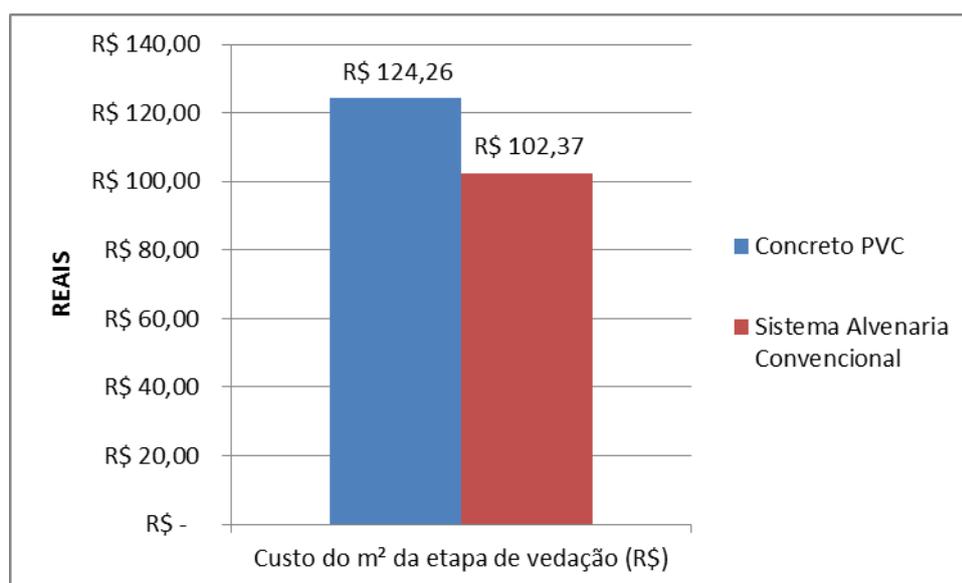
Item do orçamento	Preço total (R\$)	
	Convencional	Concreto e PVC
Supra estrutura	1.671,82	8.382,36
Revestimentos	1.755,15	-
Pintura	851,84	134,66
Custo total da obra	14.859,90	18.963,45

Fonte: Brandão; Melo, (2014).

No referente estudo o custo por m² no Concreto PVC é de R\$ 629,60, enquanto o custo no Sistema de Alvenaria convencional é de R\$ 493,36.

O custo é um ponto chave em qualquer serviço executado. Diante dos estudos analisados, o sistema Concreto PVC mostrou-se ser um sistema mais caro que o método Convencional. O GRAF. 5 o custo por m² da etapa de vedação é aproximadamente 21% maior no Concreto PVC em relação ao Sistema Convencional.

Gráfico 5- Custo por m² etapa vedação em ambos os sistemas.

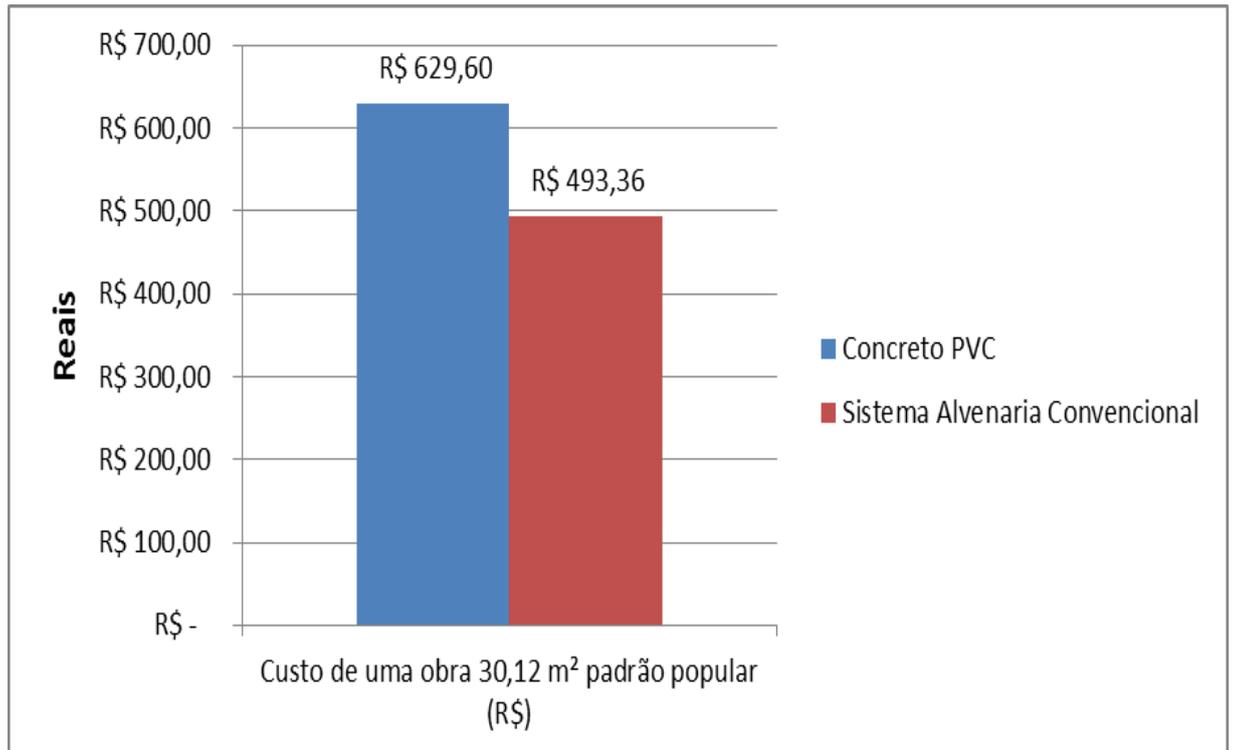


Fonte: Autor (2015).

Um fator que influência no preço final do produto é com certeza sua complexidade, onde, por se tratar de um sistema ainda pouco utilizado sua mão de obra especializada acaba gerando um alto custo.

Já no GRAF. 6, é demonstrado um aumento de aproximadamente 27,5% do sistema Concreto PVC em uma obra de 30m² padrão popular, comparada ao sistema Convencional.

Gráfico 6- Custo por m² de uma obra 30 m², ambos os sistemas.



Fonte: Autor (2015).

7.0 CONCLUSÃO

Portanto, diante dos resultados analisados é possível identificar um imenso potencial no Sistema Construtivo Concreto PVC, devido a sua alta produtividade, baixo desperdício de materiais e ganho de área construída, mostra-se uma alternativa viável para construções em escala e uma saída para suprir o déficit habitacional brasileiro.

Sua utilização em comparação ao sistema de alvenaria convencional apresenta vantagens claras. A sua produtividade é bem superior ao sistema convencional, com algumas etapas sendo eliminadas e a necessidade de mão de obra reduzida. O sistema apresenta-se mais sustentável que o de alvenaria convencional, reduzindo a geração de resíduos e o consumo de água. Contudo por se tratar de um sistema inovador a sua pouca disseminação no mercado brasileiro acaba influenciando em um aumento de valor final do produto, fazendo necessária a inserção de mais empresas no mercado e incentivo por parte do governo federal a fim de aumentar a concorrência refletindo em uma baixa de custo final do sistema.

7.1 Sugestões para trabalhos futuros

Para aumentar o conhecimento técnico do Sistema Concreto PVC, faz-se algumas sugestões para possíveis trabalhos futuros:

- Para obtenção de novos dados, é recomendado o estudo de caso acompanhado a execução de uma obra do Sistema Concreto PVC, preferivelmente abrangendo todas as suas etapas, para com isso realizar uma comparação mais embasada em relação aos demais sistemas construtivos.
- Pesquisas referentes à disponibilidade dos fornecedores do sistema no mercado brasileiro, conseguindo uma visão mais precisa dos custos do sistema como um todo, identificando as etapas mais onerosas e críticas.
- Pesquisas referentes à geração de resíduos do sistema, onde baseado em referencial teórico a redução destes resíduos mostra-se como um grande destaque para a valorização do sistema.

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L.C. **Concreto**. Notas de aula da disciplina Estruturas IV– Concreto armado. Faculdade Estadual De Campinas. 2002. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>>. Acesso em: 03/05/2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281:2005 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto**. Rio de janeiro 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 Projeto e execução de obras e concreto armado**. Rio de janeiro 2014.
- BARTILOTTI, A. **A revolução do PVC e sua contribuição para o desenvolvimento urbano no Brasil**. BRASKEM, 2014. Disponível em: <http://www.braskem.com.br/site.aspx/detalhe-releases/a-revolucao-do-pvc-e-sua-contribuicao-para-o-desenvolvimento-urbano-no-brasil>. Acesso em: 01/04/2015.
- BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. Notas de aula. Universidade Estadual Paulista-UNESP - Campus de Bauru/SP. BAURU-SP, 2011. 93 p. disponível em: www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/FUNDAMENTOS.pdf. Acesso em 03/05/2015.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. Volume 02, 5º edição. Editora LTC. Rio de Janeiro-RJ, 538 p. 2011.
- BORGES, A. C. **Prática das pequenas construções**. Vol. 2. 9º ed. Editor Edgard Blücher, 2009.
- BRANDÃO, L; MELO, K. **Análise de diferentes tipologias de construção em concreto e pvc**. XV Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. Maceió AL, 2014. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_631.pdf. Acesso em 15/07/2015.
- BRASKEM. **PVC na Construção e Arquitetura**. Disponível em: http://www.braskem.com.br/site/portal_braskem/pt/produtos_e_servicos/boletins/pdf_catalogos/PVC.pdf. Acesso em: 01/04/2015
- CAMACHO, R. S. **Estudo das lajes**. Notas de aula. UNESP. Ilha Solteira SP. 2004. 59 p. disponível em: www.nepae.feis.unesp.br/Apostilas/Estudo%20das%20lajes.pdf. Acesso em 03/05/2015.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Concreto PVC**. 2º Caderno de inovações na construção civil. Salvador- BA. Abril, 2014. Disponível em: http://cbic.org.br/caderno_inovacao/caderno%20inovacoes%20abril_2014%20web.pdf. Acesso em: 15/07/2015.
- CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÃO-CEI. **Déficit Habitacional no Brasil Anos 2011 e 2012**. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/deficit-habitacional/360-nota-tecnica-deficit-habitacional-no-brasil-anos-2011-e-2012/file>. Acesso em 05/03/2014.

CICHINELLI, G. **Sistema construtivo para casas e sobrados usa painéis de PVC preenchidos com concreto.** Revista TÉCNICE, n. 199, out. 2013. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/199/artigo299968-1.aspx>. Acesso em: 01/04/2015.

CORREA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil.** Trabalho de conclusão de curso da UFMG. Belo Horizonte, MG. 70 p. 2009. Disponível em: <http://www.especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg1/Sustentabilidade%20na%20Constru%E7%E3o%20CivilL.pdf>. Acesso em 15/07/2015.

CORSINI, R. **Concreto e PVC para habitação popular: Perfis plásticos usados como fôrma para o concreto no preenchimento de paredes são alternativas para construção industrializada de moradias.** Revista Infraestrutura Urbana. V. 4. 01/04/2015. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/4/concreto-e-pvc-para-habitacao-popular-220437-1.aspx>. Acesso em 01/04/2015.

DOMARASCKI, C. S.; FAGIANI, L. S. **Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional.** 76 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2009.

DIFFER. **PVC a tecnologia na obra.** Disponível em <http://www.differ.com.br/wp-content/uploads/2013/03/PVC.pdf>. Acesso em 02/04/2015.

FAGUNDES, M. A. **A construção sustentável sob a ótica dos Profissionais da construção civil nas cidades de Francisco Beltrão e Pato Branco –PR.** Trabalho de conclusão de curso da Universidade Tecnológica do Paraná. Pato Branco, PR. 2011. 86 p. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/241/1/PB_COECI_2011_2_07.pdf. Acesso em 15/07/2015.

FIDELIS, V. R. P. **Implicações da adoção de processos construtivos tradicionais na produção de habitações de interesse social em larga escala.** 116 p. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal e Uberlândia. Biblioteca digital brasileira de teses e dissertações. Uberlândia, 2011.

FRANK, R. **Construção plástica: Sistema de Concreto/PVC foi utilizado em edificações de fábrica de polipropileno.** Revista TÉCNICE, Ed. 139, 2008. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/139/artigo287586-2.aspx>. Acesso em 20/04/2015.

GOMES, J. O.; LACERDA, J. F. S. B. **Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil.** Tecnologias para Competitividade Industrial. Editora: E-Tech v. 7, n. 2. Florianópolis, 2014. Disponível em: <http://revista.ctai.senai.br/index.php/edicao01/article/viewFile/469/357>. Acesso em 05/03/2014.

KATO, R. B. **Comparação entre o sistema construtivo convencional e o sistema construtivo em alvenaria estrutural segundo a teoria da construção enxuta.** Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina. 114 p. 2002.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras**. LTC Editora, 3º edição, 2010. 225 p.

LISBÔA, E. M. **Obtenção do concreto auto adensável utilizando resíduo do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. Trabalho de conclusão do curso de pós graduação em engenharia civil da universidade federal do alagoas. 121 p. Maceió-alagoas. 2004. Disponível em: http://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgec/dissertacoes_arquivos/Dissertacoes/Edvaldo%20Monteiro%20Lisboa.pdf. Acesso em: 01/04/2015.

LOGSDON, N. B. – **Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997**. Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT. 2002. Disponível em: <http://upf.br/~zacarias/Telhados.pdf>. Acesso em: 03/05/2015.

MARINHO, R. C; PENTEADO, P. T. **Análise comparativa de custo e produtividade dos sistemas construtivos: alvenaria de solo-cimento, alvenaria com blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos de concreto na construção de uma residência popular**. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal do Paraná. 61 p. Curitiba PR, 2011. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/375/1/CT_EPC_2011_2_22.PDF. Acesso em 03/04/2015.

MARTINS, J. G. **Alvenarias** – Condições Técnicas de execução. 2009. Pág. 03. <http://www.ebah.com.br/content/ABAAA78EAF/madeira-lei>. Acesso em: 02/04/2015

MELHADO et. Al. **Fundações**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, departamento de engenharia de construção civil. Notas de aula. 2002. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/abaaaaxggaj/fundacoes>. Acesso em: 03/05/2015.

MIRANDA, L. C. **Método executivo e as vantagens da aplicação do sistema modular de parede de concreto com forma de pvc**. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Católica de Brasília. Brasília, DF. 2013. 37p. Disponível em: <http://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/10869/4633/1/Leonardo%20Corr%C3%AAa%20Miranda.pdf>. Acesso em 15/07/2015.

NASCIMENTO, O. L. **ALVENARIAS**. Manual de construções. 2º edição, centro brasileiro da construção em aço. Rio de janeiro – rj, 2004. Disponível em: <https://edificacoes.files.wordpress.com/2009/12/5-mat-alvenaria-ii.pdf>. Acesso em 02/04/2015.

PALARETI, R. **Concreto auto adensável**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Anhembi MORUMBI. 103 p. SÃO PAULO, 2009. Disponível em: <http://engenharia.anhembi.br/tcc-09/civil-42.pdf>. Acesso em: 01/04/2015.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. Revista Concreto e Construções. Ibracon. Número 53, 2009.

RIBEIRO, C.C; PINTO, J.D.S; STARLING, T. **Materiais de construção civil**. 3º edição. Editora UFMG. Belo horizonte- MG, 112 p. 2011.

RIBEIRO, G. F. **Estudo comparativo do uso da alvenaria convencional e Alvenaria com coordenação modular: caso de uma obra em Angicos/RN.** Trabalho de conclusão de curso da faculdade federal do semiárido-UFRSA. ANGICOS, RN. 2013. 59 p. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/232/TCC%20%20Gilvan%20Corrigido%20e%20Catalogado.pdf>. Acesso em: 02/04/2015.

ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES. **Manual de montagem RBS-64.** 2012. Disponível em: http://www.royalbrasil.com.br/downloads_building.htm. Acesso em 02/04/2015.

SALGADO, J. **Técnicas e práticas construtivas para edificação.** Editora Érica. 3^o EDIÇÃO, 320 p. 2011.

SANTANA, O. S. **Fundações rasas para residências populares.** . Trabalho de conclusão de curso, Universidade Anhembí Morumbi. 59 p. 2011.

SCHMIDT, L. V. **Paredes estruturais constituídas de painéis de PVC preenchidos com concreto: análise das potencialidades do sistema.**90 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013. Disponível em: http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/79788?locale=pt_BR. Acesso em 05/03/2014.

SILVA, F. B; KAWANO, F. A. **Paredes estruturais de painéis de PVC preenchidos com concreto armado.** Revista TÉCNICA, ED. 152, 2009. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/152/paredes-estruturais-de-paineis-de-pvc-preenchidos-com-concreto-armado-286652-1.aspx> . Acesso em: 18/04/2015.

SILVESTRE, M, G. **Influência dos sistemas construtivos nas modificações promovidas pelo usuário em unidades de HIS: Estudo de caso na região do Vale do Paraíba-SP.** 259 p. Dissertação de Mestrado- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia da Construção Civil. São Paulo, 2013. Disponível em: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DissertacaoMichelliSilvestre_Completa_Password_Removed.pdf. Acesso em 03/04/2015.

SOUZA, L. G. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame.** Revista Especialize, ed. 4, Florianópolis: Instituto de Pós Graduação IPOG, 2012. Disponível em: <http://www.ipog.edu.br/nao-aluno/revista-ipog/artigos/edicao-n-4-2012>>. Acesso em: 02/04/2015

SOUZA, S.R. **Elementos de análise para gestão de processos e desempenho de produtos em sistemas construtivos: estudo de caso com sistemas que adota perfis auto encaixáveis de PVC e concreto.** Trabalho de conclusão do curso de mestrado profissionalizante da Escola de engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174 p. Porto Alegre RS, 2005. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10144/000521645.pdf?sequence=1>. Acesso em: 01/04/2015.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M.; **Alvenaria Estrutural: Metodologia do projeto, detalhes, mão de obra, norma e ensaios.** São Paulo, PINI, 2010. Disponível em:

<http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/alvenaria-estrutural-livro>. Acesso em 03/05/2015.

ZULIAN, C. S. **Alvenaria**. Notas de aula. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa RS, 2002. 16 p. disponível em: www.uepg.br/denge/aulas/alvenaria/alvenaria.doc. Acesso em 03/05/2015.

ZARZAR J, F; HOLANDA, M. G. **O PVC: características técnicas, vantagens e relação com o meio ambiente**. II Semana Nacional de ciência e Tecnologia do IFPE – campus Caruaru. Outubro, 2011. Caruaru, PE. Disponível em: http://www.cin.ufpe.br/~lsc4/snct2011/files/SNCTIFPE_0009. Acesso em: 01/04/2015.