



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Lucas Vinícius Teixeira de Sousa

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE SOLO-
CIMENTO AUTOPORTANTE E CONCRETO RETICULADO COM ALVENARIA
CERÂMICA PARA UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR PADRÃO MÉDIO**

Palmas - TO

2015



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005

ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Lucas Vinícius Teixeira de Sousa

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE SOLO-
CIMENTO AUTOPORTANTE E CONCRETO RETICULADO COM ALVENARIA
CERÂMICA PARA UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR PADRÃO MÉDIO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação, em Engenharia Civil, do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II).

Orientador: Prof. M. Sc. Fabrício Bassani dos Santos

Palmas - TO

2015

Lucas Vinícius Teixeira de Sousa

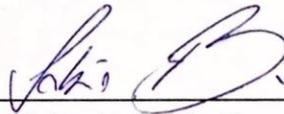
**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE SOLO-
CIMENTO AUTOPORTANTE E CONCRETO RETICULADO COM ALVENARIA
CERÂMICA PARA UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR PADRÃO MÉDIO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação,
em Engenharia Civil, do Centro Universitário
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), como
requisito parcial para aprovação na disciplina
Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II).

Orientador: Prof. M. Sc. Fabrício Bassani dos
Santos

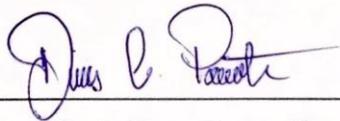
Aprovado em: 07/11/15

BANCA EXAMINADORA



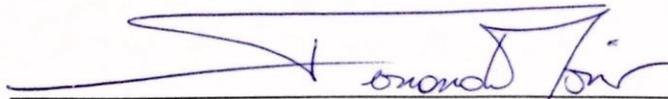
Prof. M.Sc. Fabrício Bassani

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Denis Cardoso Parente

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas - TO

2015

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por antes de tudo ser à base da vida.

A minha família, em especial meus pais, pelo apoio constante e o suporte a tudo que preciso.

Aos meus irmãos por me auxiliar em situações do cotidiano a fim de poder manter o foco no trabalho.

Aos amigos de longa data Orlei José e Denys Silva, que me ajudaram com diversas questões do trabalho.

Ao meu orientador Fabricio Bassani por não somente a contribuição na parte técnica como a paciência em ajudar nas várias questões que foram resolvidas.

Aos avaliadores da banca pelas críticas construtivas e elogios que enriqueceram o trabalho.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

SOUSA, Lucas Vinícius Teixeira. **Estudo comparativo entre os sistemas construtivos de solo-cimento autoportante e concreto reticulado com alvenaria cerâmica.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas/Universidade Luterana do Brasil – CEULP/ULBRA. Palmas/TO.

RESUMO

Esse trabalho é um estudo comparativo entre o sistema construtivo de solo-cimento autoportantes e concreto reticulado com alvenaria cerâmica, com o objetivo de verificar através de um orçamento analítico comparativo a viabilidade dos dois sistemas de construção. Para isso, o trabalho teve como base o estudo de uma mesma residência, podendo assim ao final fazer a comparação das características técnicas, bem como as vantagens e desvantagens de igual modo desses dois processos dentro de uma avaliação comparativa do orçamento, obtendo assim dados para poder qualificar a viabilidade orçamentária entre os sistemas. O estudo teve como metodologia de pesquisa bibliográfica os sistemas e o processo de orçamento analítico. Por conseguinte, o estudo apresenta os pressupostos gerais das vantagens e desvantagens de cada um. Assim, os resultados desta pesquisa irá fornecer um pequeno conhecimento, no entanto significativo sobre a viabilidade orçamentária dos dois processos de construção, a fim de qualificar o trabalho na área de engenharia civil.

Palavras-Chave: Estudo Comparativo; Solo-cimento autoportante; Concreto reticulado com alvenaria cerâmica; Viabilidade Orçamentária.

SOUSA, Lucas Vinícius Teixeira. **Comparative study between construction systems of soil-cement self-supporting lattice and concrete with ceramic masonry.** 2015. Monograph of conclusion in Civil Engineering course, Centro Universitário Luterano de Palmas/Universidade Luterana do Brasil – CEULP/ULBRA. Palmas/TO.

ABSTRACT

The work is a comparative study of soil-cement constructive systems and self-supporting lattice concrete with ceramic masonry, in order to verify through the budget compared the feasibility of both building systems. For this, the study was the basis of the same work, with the development of the two building systems in order to compare the technical characteristics, as well as the advantages and disadvantages in the same way the two processes within a comparative assessment of the budget and be able to describe the viability of the systems. The study was a bibliographical research methodology of systems and analytical budget process in order to present an informed comparison on a budget by the rules. Therefore, the study presents the general assumptions of the advantages and disadvantages of each. Thus, the results of this research will provide a small but significant knowledge in the budget viability of the two construction processes in order to qualify the work in the field of civil engineering.

Keywords: Comparative Study; Soil-cement self-supporting; Reticulated concrete with ceramic masonry; Budget viability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - TESTE DE AMOSTRA DO SOLO	7
FIGURA 2 - TRAÇO DE DOSAGEM	8
FIGURA 3 - MATERIAIS PARA PRODUÇÃO	8
FIGURA 4 - MÁQUINA HIDRÁULICA DE SOLO-CIMENTO	9
FIGURA 5 - HIDRATAÇÃO DO TIJOLO	9
FIGURA 6 - CARACTERÍSTICAS DO TIJOLO.....	10
FIGURA 7 - FUNDAÇÃO DE RADIER.....	10
FIGURA 8 - INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS	11
FIGURA 9 - VERGAS DE SUSTENTAÇÃO.....	12
FIGURA 10 - FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO	13
FIGURA 11 - EXTRAÇÃO DE ARGILA	14
FIGURA 12 - CONFORMAÇÃO DO TIJOLO CERÂMICO	14
FIGURA 13 - MÁQUINA DE CORTE DE TIJOLO CERÂMICO	15
FIGURA 14 - PROCESSO DE QUEIMA DA CERÂMICA.....	16
FIGURA 15 - TIJOLO CERÂMICO	16
FIGURA 16 – OPÇÕES DE CORES DO SOLO-CIMENTO	18
FIGURA 17 - PROJETOS PADRÃO	25
FIGURA 18 - ORÇAMENTO TOTAL	40
FIGURA 19 - ORÇAMENTO SUPERESTRUTURA	41
FIGURA 20 - ORÇAMENTO DE ELEVAÇÃO DOS SISTEMAS.....	41
FIGURA 21 - ORÇAMENTO DE REVESTIMENTOS	42

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TABELA DE DIÂMETROS DAS BARRAS DE AÇO	23
TABELA 2 - ÍNDICES DE MULTIPLICADOR DE VÃO LUZ	24
TABELA 3 - QUANTITATIVO DE SERVIÇOS PRELIMINARES.....	30
TABELA 4 - QUANTITATIVO DE INFRAESTRUTURA	30
TABELA 5 - QUANTITATIVO DE SUPERESTRUTURA SOLO-CIMENTO	31
TABELA 6 - QUANTITATIVO DE SUPERESTRUTURA SISTEMA CONVENCIONAL	32
TABELA 7 - QUANTITATIVO REVESTIMENTO SISTEMA CONVENCIONAL.....	33
TABELA 8 - QUANTITATIVO PINTURA SISTEMA CONVENCIONAL.....	34
TABELA 9 - QUANTITATIVO SERVIÇOS COMPLEMENTARES	34
TABELA 10 - SALÁRIO DOS TRABALHADORES DA CONSTRUÇÃO CIVIL	34
TABELA 11 - ALVENARIA DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO, EXECUTADA ATÉ 1,60 M DE ALTURA	35
TABELA 12 - ALVENARIA DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO, EXECUTADA EM CIMA DE ANDAIME.....	35
TABELA 13 - COMPARATIVO GERAL DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS	40
TABELA 14 - COMPARATIVO ELEVAÇÃO DE SUPERESTRUTURA.....	40
TABELA 15 - COMPARATIVO DE ELEVAÇÃO DOS SISTEMAS.....	41
TABELA 16 - COMPARATIVO DE REVESTIMENTO	42

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ABC	Associação Brasileira de Cerâmica
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEPED	Centro Profissional de Educação à Distância
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CUB	Custo Unitário Básico
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte
EUA	Estados Unidos da América
FUPAM	Fundação para Pesquisa Ambiental
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices na Construção Civil
SINTRACON	Sindicato dos Trabalhadores na Construção Civil
TCPO	Tabela de Composição
TCU	Tribunal de Contas da União
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
UTL	Universidade Técnica de Lisboa

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Ac	Área Construída
Af	Área de Fôrma
Afp	Área da Face do Pilar
Em	Espessura Média
Kg/m ²	Quilograma por metro quadrado
M ²	Metro quadrado
MM	Milímetro
Pa	Peso de Armação
Ta	Taxa de Aço
Tf	Taxa de Fôrma
Vc	Volume Concreto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo Geral	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.2 Justificativa	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Aspectos Históricos e Sociais	4
2.2 Solo-Cimento	5
2.2.1 Produção	6
2.2.1.1 Estudo do Solo.....	6
2.2.1.2 Água	7
2.2.1.3 Cimento Portland	7
2.2.1.4 Traço.....	7
2.2.1.5 Mistura	8
2.2.1.6 Prensa Hidráulica	8
2.2.1.7 Hidratação	9
2.2.2 Sistema Construtivo	9
2.2.2.1 Fundação	10
2.2.2.2 Estrutura.....	10
2.2.2.3 Instalações Hidráulicas e Elétricas.....	11
2.2.2.4 Aberturas.....	11
2.2.2.5 Revestimento	12
2.2.2.6 Cobertura	12
2.3 Bloco Cerâmico	12
2.3.1 Produção	12
2.3.1.1 Argila	13
2.3.1.2 Mistura	14
2.3.1.3 Conformação do Bloco	14
2.3.1.4 Corte.....	15
2.3.1.5 Secagem	15
2.3.1.6 Queima	15
2.3.1.7 Inspeção	16
2.4 Parâmetros Técnicos	17

2.4.1 Viabilidade Técnica do Solo-cimento e Alvenaria Cerâmica	17
2.4.2 Tempo de Execução dos Sistemas Construtivos	19
2.5 Orçamento	19
2.5.1 Estimativa de custos	20
2.5.2 Orçamento Preliminar	20
2.5.2.1 Concreto	21
2.5.2.1 Armação	21
2.5.2.1 Fôrma	21
2.5.3 Orçamento analítico ou detalhado	21
2.5.3.1 Fôrma	22
2.5.3.2 Armação	22
2.5.3.3 Alvenaria	23
2.5.3.4 Pintura	23
2.5.3.5 Revestimentos	24
2.5.3.6 Composições	24
2.5.3.7 Tabela Geral	24
3 METODOLOGIA	25
3.1 Estudo preliminares	25
3.2 Elaboração do Orçamento	26
3.2.1 Quantitativo	26
3.2.2 Insumos	26
3.2.2.1 Mão de Obra, materiais e equipamentos	27
3.2.3 Tabelas de Composição de Custo	27
3.2.3 Etapas de cálculos	27
3.2.3.1 Levantamento Quantitativo Analítico	27
• Fôrmas	28
• Armação	28
• Concreto e Argamassa	28
• Levantamento dos serviços verticais	28
• Alvenaria	28
• Vergas e Contravergas	28
• Revestimentos e Pintura	28
• Laje	29
• Cobertura	29
3.3 Planilha Geral	29

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1 Levantamentos de Quantitativos	30
4.1.1 Quantitativo de Serviços Preliminares	30
4.1.2 Quantitativo de Infraestrutura	30
4.1.3 Quantitativo de Superestrutura, vedação, revestimento e pintura	31
4.2 Tabelas de Preço dos Trabalhadores.	34
4.3 Tabelas de Composições de Custo.	34
4.3.1 Elevação da Alvenaria de Solo-cimento	35
4.4 Planilhas Orçamentárias.....	36
4.4.1 Planilha Solo-cimento	36
4.4.2 Planilha Sistema Convencional	38
4.5 Análises Orçamentárias.....	40
5 CONCLUSÕES	43
5.1 Propostas para trabalhos futuros.....	43
REFERENCIAL.....	44

1 INTRODUÇÃO

A construção civil atualmente conta com diversos sistemas construtivos diferenciados do convencional que poderiam ser mais utilizados se existissem maiores informações sobre a viabilidade desses tipos de sistemas construtivos

Com isso será realizado um estudo entre o sistema convencional de concreto reticulado com alvenaria cerâmica de vedação sendo esse o mais utilizado na construção civil atualmente e o sistema construtivo de solo-cimento autoportante.

Para isso inicialmente terá como base de estudo uma mesma residência para os dois sistemas, e será realizado um estudo orçamentário analítico com a finalidade de comparar não só as características técnicas bem como as vantagens e desvantagens em termos de viabilidade orçamentária entre esses sistemas estudados.

A composição dessa alvenaria de acordo com a (NBR 8491/1984) determina ser um tijolo maciço de solo-cimento cujo volume não é inferior a 85% de seu volume aparente e constituído por uma mistura homogênea, compactada e endurecida de solo, cimento portland, água e, eventualmente, aditivos em proporções que permitam atender às exigências desta norma”.

Sendo que obedece a NBR 8492 (1984 p. 1) que prescreve “o método para determinação da resistência à compressão e da absorção de tijolos maciços de solo-cimento para alvenaria”, normas essas que devem ser obedecidas, pois regem os dimensionamentos, resistências e requisitos mínimos aceitáveis.

Com isso, para que de fato mostre esse sistema como uma alternativa viável economicamente é necessário um estudo orçamentário que compare esse sistema construtivo autoportante com o sistema convencional utilizado no mercado atualmente, por meio de um comparativo orçamentário que relacione os custos gerais entre esses dois sistemas.

Sendo assim de suma importância uma visão mais séria para a questão do orçamento de obras, que é o momento onde será feita a relação completa dos mais variados custos que irão acarretar esse projeto para o investidor em questão, demonstrando assim a grande importância de um orçamento bem elaborado em uma obra civil, até mesmo porque o que move uma obra a princípio é a verba que se tem para poder investir, intempéries e diversas outras adversidades podem atrasar uma obra, mas nada para um projeto com tanta eficiência como a falta de orçamento.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo comparativo da viabilidade orçamentária entre o sistema construtivo de solo-cimento autoportante (estrutural), e o sistema convencional de concreto reticulado com alvenaria cerâmica (vedação) em uma residência unifamiliar padrão normal.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma correlação dos parâmetros técnicos construtivos entre os sistemas estudados.
- Elaborar planilha analítica dos sistemas construtivos, por meio de um orçamento analítico dos projetos.
- Fazer uma análise orçamentária comparativa dos gastos que se tem entre esses sistemas construtivos.

1.2 Justificativa

Os avanços na área da construção civil bem como a criação constante de diferentes técnicas fazem com que a escolha de qual modelo de construção que será utilizado esteja vinculada muito mais a um padrão pré-estabelecido do que mesmo um estudo específico para cada caso, como ocorrem em construções que optam pela utilização do sistema de construção convencional com tijolo cerâmica de vedação sem buscar alternativas do mercado.

Assim o estudo que compara o sistema convencional e o solo-cimento autoportante apresenta-se como um estudo que vem para obter dados que esclareça se existe viabilidade no sistema autoportante em relação ao sistema convencional.

Sendo esse um estudo científico que visa proporcionar essa pequena, porém válida contribuição de outra perspectiva na construção civil, onde consiga utilizar-se tanto de processos construtivos eficientes, econômicos e arquitetonicamente viáveis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos Históricos e Sociais

A utilização do tijolo como forma de proteção ao ser humano é cercada de diversos relatos, desde fontes que alegam a utilização há poucos séculos até referências que faz menção a utilização do mesmo desde épocas imemoriais, um artigo da UTL (2006/2007 p. 1), data a utilização do tijolo desde “o homem neolítico (Período aproximado: 12000 A.C e 4000 A.C), ao criar a família, e abrigar em casas onde os vasos de barro lhes guardavam os alimentos”, fazendo com que devido à necessidade de fixar-se na terra começassem a construir casas constituindo assim os primeiros relatos de construção de tijolos que de acordo com a UTL (2006/2007 p. 1), “A mão do homem era a máquina, e o sol o combustível”.

Porém todas essas datações são de tijolos comum de barro utilizando-se de alguma forma de queima (sol, calor, fogo), a fim de obter o grau de durabilidade mínima para sua utilização, situação essa que até pouco tempo não se tinha tanta preocupação a respeito da degradação ambiental, principalmente no que se refere à queima do tijolo cerâmico por meio da utilização de carvão.

Contudo essa visão está se modificando, um estudo realizado pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, e posteriormente publicado em 29/04/2004, mostrava que durante a produção de um forno intermitente produzindo uma quantidade de cerca de 8000 tijolos eram gastos em média 24m³ de lenha”. Davanzo *et al* (2004). Com isso dá para se ter uma noção do quão grande o impacto que esse sistema de produção tem em relação ao meio por se utilizar da queima de carvão vegetal, onde segundo Fiemg (2013), uma alternativa seria utilizar em menor quantidade resíduos que contenham grande concentração de carbono como pallets de madeira, bagaço de cana, sabugo de milho, palha de café, casca de arroz, dentre outros, a fim de diminuir o gasto de insumos ambientais na produção de alvenaria cerâmica.

No entanto Campos (2012) entende que o ideal seria uma forma de produção que não necessitasse de qualquer tipo de queima, pois a alvenaria cerâmica requer a queima em sua fase de produção.

Com isso de acordo com Pauluzzi (2010), e o intuito de desenvolver um sistema que conta com uma redução da degradação e uma construção comparativamente ágil e racionalizada, obteve-se um sistema construtivo denominado de solo-cimento autoportante utilizado principalmente para

empreendimentos de pequeno porte, ganhando assim espaço no mercado principalmente por se tratar de um sistema estrutural que propiciava um custo final menor na obra. Porém segundo Campos (2012), devido o solo-cimento ter em sua composição o cimento em uma taxa de aproximadamente 10%, caracterizando assim um sistema que também demanda queima em seu produto final.

Segundo a ABCP (1996), as primeiras datações do solo-cimento no Brasil remontam ao início da década de 40, em pavimentações a exemplo da experiência dos E.U.A nessa época.

Sendo que de acordo com (Cordeiro *et al* 2006), mesmo esse método construtivo ainda ser comparativamente novo vem mostrando sua vasta gama de utilidade não só na construção civil, como também em pavimentações intertravados a exemplo dito anteriormente de utilização nos E.U.A. Porém ainda não obteve-se uma popularização no Brasil devido à certas dificuldades como a heterogênesse do solo fazer com que necessite de inspeção laboratorial de todos os lotes de compra e utilização, material esse de fundamental importância à esse tipo de alvenaria, devido a sua grande utilização proporcional em sua fabricação

Isso mostra a grande importância que o solo tem para esse tipo construtivo, de acordo com Associação Brasileira de Cerâmica ABC (2010), diferentemente, por exemplo, da alvenaria estrutural de concreto que existe um processo de fabricação mecanizada onde mesmo utilizando-se de inspeções de qualidades os materiais já são de bases homogêneas, ou seja, não têm como no solo comum todos os processos naturais de presença de matéria orgânica, que é algo de extrema preocupação no processo de fabricação de solo-cimento, pois é algo que inibi a hidratação do cimento.

2.2 Solo-Cimento

Segundo a ABCP (1996), o solo-cimento é um material obtido através da mistura homogênea de solo, cimento portland e água, em proporções adequadas e que, após compactação e cura úmida, resulta num produto com características de durabilidade e resistências mecânicas definidas.

Sendo assim o solo-cimento mesmo que sendo um tipo de alvenaria de uma composição simples, deve-se ter um processo de controle na produção devido ao principal fato de sua maior composição ser de um material heterogêneo, ou seja, o solo.

2.2.1 Produção

O método estudado de produção é por meio de prensas hidráulicas, que de acordo com Campos (2012) é a melhor opção de fabricação de tijolos de solo-cimento pois possibilita um grande volume de produção se comparado com as produções em prensas manuais, e também devido ao fato de essa prensa hidráulica ser mais eficiente obtendo assim melhores resultados em relação à resistência e dimensões de arestas.

2.2.1.1 Estudo do Solo

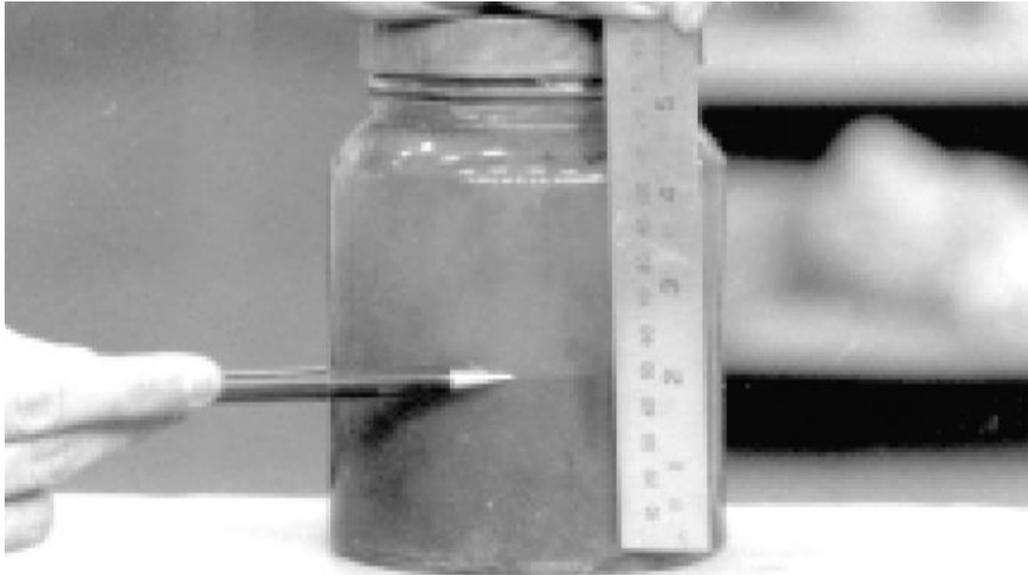
O primeiro e mais importante é a utilização correta do solo que se vai utilizar, sendo que de acordo com a NBR 10832 (1989), o solo ideal seria aquele que possui as seguintes características:

- Passar na peneira ABNT 4,8mm (n° 4)-----100%
- Passar na peneira ABNT 0,075mm (n° 200)-----10% a 50%
- Limite de Liquidez-----≤ 45%
- Índice de Plasticidade-----≤ 18%

De acordo com a ABCP (2000), uma forma simples e prática a fim de saber se o solo tem as características mínimas para poder ser utilizado na produção, é utilizar-se de um método de teste que consiste basicamente em uma amostra do solo e uma garrafa como descrito abaixo, onde:

- Primeiramente é colocado 1 kg de solo já peneirado por uma malha de 5 mm, adiciona-se água e movimento o material até ficar suspenso.
- Deixar em repouso por cerca de 30 minutos para sua completa sedimentação.
- Finalmente aferir as leituras milimétricas das alturas da camada de areia (L1), e da camada total sedimentada (L2). Sendo que a relação entre L1 e L2, indica a porcentagem da areia na amostra total. Obedecendo a um intervalo: $0,50 < L1/L2 < 0,90$, segundo.

Figura 1 - Teste de Amostra do Solo



Fonte: ABCP (1996).

Após os devidos cuidados, tanto na obtenção do solo, como no seu armazenamento, é possível continuar o procedimento de fabricação da alvenaria.

2.2.1.2 Água

A água utilizada no processo de fabricação e mistura dos componentes do solo-cimento deve ser o mais isenta de matéria orgânica possível, pois o cimento em contato com esse tipo de material perde a característica de hidratação levando a uma considerável perda de resistência final do produto.

2.2.1.3 Cimento Portland

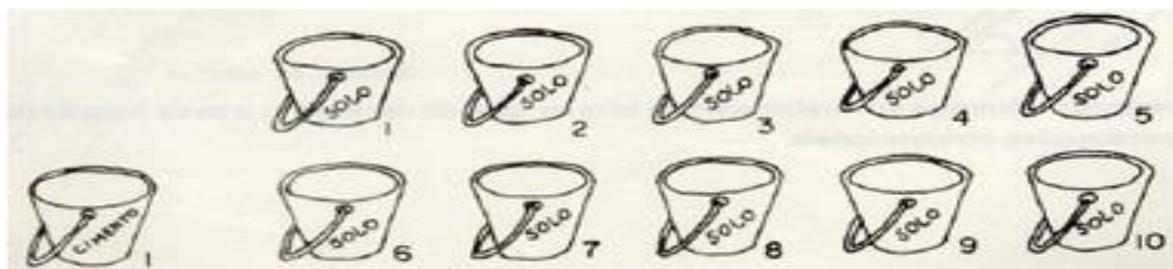
Em relação aos cimentos que poderão ser utilizados, deverão atender a uma das seguintes especificações, segundo a NBR 8491 (1984).

- NBR 5732 (1991) - Cimento Portland Comum.
- NBR 11578 (1991) - Cimento Portland Composto.
- NBR 5735 (1991) – Cimento Portland de Alto Forno.
- NBR 5736 (1991) – Cimento Portland Pozolânico.
- NBR 5733 (1991) – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial.

2.2.1.4 Traço

Segundo Librelotto (2013), o traço que é utilizado normalmente para a confecção desse tijolo é 1:10, 1:12 e 1:14. Isso quer dizer que para cada uma medida de cimento que é utilizado na fabricação é necessário entre dez a quatorze medidas de solo. Sendo que quanto maior a dosagem de cimento, maior será a resistência do tijolo.

Figura 2 - Traço de dosagem



Fonte: Funtac (1999, online).

2.2.1.5 Mistura

A mistura deve ser feita com os materiais já processados, para isso, segundo a (ABCP, 1996), é necessário que o solo passe por um peneiramento em uma malha com abertura de 5 mm aproximadamente, obedecendo assim os requisitos da norma, sendo que os torrões maiores que a abertura da malha utilizada deverão ser descartados.

Figura 3 - Materiais para produção



Fonte: Savi (2012, online).

Assim de acordo com Fiquerola (2004) após a realização desse peneiramento, é misturado o solo e o cimento ainda sem adição de água, com exceção de tijolos que se utilizem de algum tipo de aditivo em sua produção. Depois que as partes sólidas estiverem bem homogeneizadas é possível à adição de água de maneira moderada. A finalização desse processo se dá após a massa de solo-cimento estar devidamente misturados e se tornar uma pasta compacta.

2.2.1.6 Prensa Hidráulica

De acordo com Librelotto (2013), a prensa hidráulica é utilizada para que se coloquem os materiais que compõem o solo-cimento em um molde, e assim ao ser submetido a uma pressão que faça com que esse composto se torne um tijolo modular, obtendo características de resistências de modo automatizado e atenda as normas e formatos do mercado.

Figura 4 - Máquina Hidráulica de Solo-cimento



Fonte: Maqs (2014, online).

2.2.1.7 Hidratação

Por fim, é necessário que deixe os blocos fabricados por um período de cerca de 7 dias, afim de hidratar e chegar à uma resistência adequada, lembrando sempre que os blocos devem ser constantemente molhados de maneira moderada a fim de que o concreto possa estar realizando o processo de hidratação. E após cerca de 14 dias é possível já estar sendo utilizado para a sua finalidade. Fiquerola (2004).

Figura 5 - Hidratação do Tijolo



Fonte: Próprio Autor (2015), Fábrica Taquaralto.

2.2.2 Sistema Construtivo

O sistema analisado para estudo é o solo-cimento autoportante, de acordo com Pisani (2007), as dimensões usuais utilizadas nesse tijolo são (12,5 x 25 x 6,25) cm e diâmetro graute (6,50) cm. Sistema esse que se utiliza da resistência inteiramente de sua alvenaria estrutural, sem a necessidade de uma estrutura de concreto para se sustentar.

Figura 6 - Características do Tijolo



Fonte: Marchizelli (2010, online)

2.2.2.1 Fundação

O primeiro passo para a execução desse sistema construtivo de solo-cimento de acordo com Librelotto (2013), é a construção de uma base impermeabilizada acima do solo, a opção mais utilizada nesse procedimento é a construção de um radier, que propicie uma distribuição de cargas no solo de maneira equânime evitando assim problemas de recalque, tendo como base uma compactação de solo de 95% aceito por norma para execução desse procedimento.

Figura 7 - Fundação de Radier



Fonte: Eco Máquinas (2013)

2.2.2.2 Estrutura

Após a execução correta da fundação da obra, é necessária primeiramente que as colunas de ferro com 1,70m de altura estejam fundidas no radier para então dar início a etapa cuidadosa das primeiras fiadas da elevação da alvenaria, segundo

Mazzaroto (2013) essa etapa requer uma atenção especial no nivelamento das paredes, pois é dessa fiada que todas as outras terão de se aprumar. Sendo que as barras de ferro para sustentação da estrutura têm de ser colocados em vãos a cada 1m, e nas interligações, cantos, portas e janelas.

Já a elevação da alvenaria que segundo Librelotto (2013), é feito por meio de uma simples argamassa colante, podendo ser aplicado o filete de cola através de um tubo de bisnaga logo acima do tijolo solo-cimento, assentando-se os blocos com juntas desencontradas na disposição correta de intertravamento desse sistema.

Outro ponto importante ressalta Mazzaroto (2013), a necessidade do preenchimento das estruturas de sustentação a cada 50 cm de altura, a fim de dar sustentabilidade à obra e facilitar o total preenchimento das vigas.

2.2.2.3 Instalações Hidráulicas e Elétricas

As instalações nesse sistema chama atenção devido ao fato de já se utilizar do próprio vão de abertura da alvenaria, fazendo com que a instalações hidráulicas e elétricas possam ser facilmente embutidas sem a necessidade excessiva de quebra e perda desnecessária de material na obra.

Figura 8 - Instalações Hidráulicas e Elétricas



Fonte: Próprio Autor, Fábrica Taquaralto.

2.2.2.4 Aberturas

Nos locais de aberturas como janelas ou portas, são utilizado às vergas que são blocos de solo-cimento do tipo canaletas, que de acordo com (LIBRELOTTO 2013), é colocado os vergalhões e preenchido com concreto, possibilitam uma rápida execução dessa etapa. Sendo que no momento da concretagem das canaletas é necessário que isole os furos para posteriormente haja a passagem interna de ar livre na estrutura.

Figura 9 - Vergas de Sustentação



Fonte: Próprio Autor, Fábrica Taquaralto.

2.2.2.5 Revestimento

Por se tratar de um sistema em que a estrutura é aparente, não há a necessidade de um revestimento do tipo emboço para poder fazer o acabamento. O mais utilizado é uma cobertura selante, ou um simples rejunte. Porém se optar por um revestimento convencional, pode ser utilizado uma camada de 5 mm de argamassa, devido a estrutura ter uma boa regularidade.

2.2.2.6 Cobertura

A cobertura da edificação é executada da maneira convencional, não existindo grandes diferenças entre os sistemas construtivos em estudo.

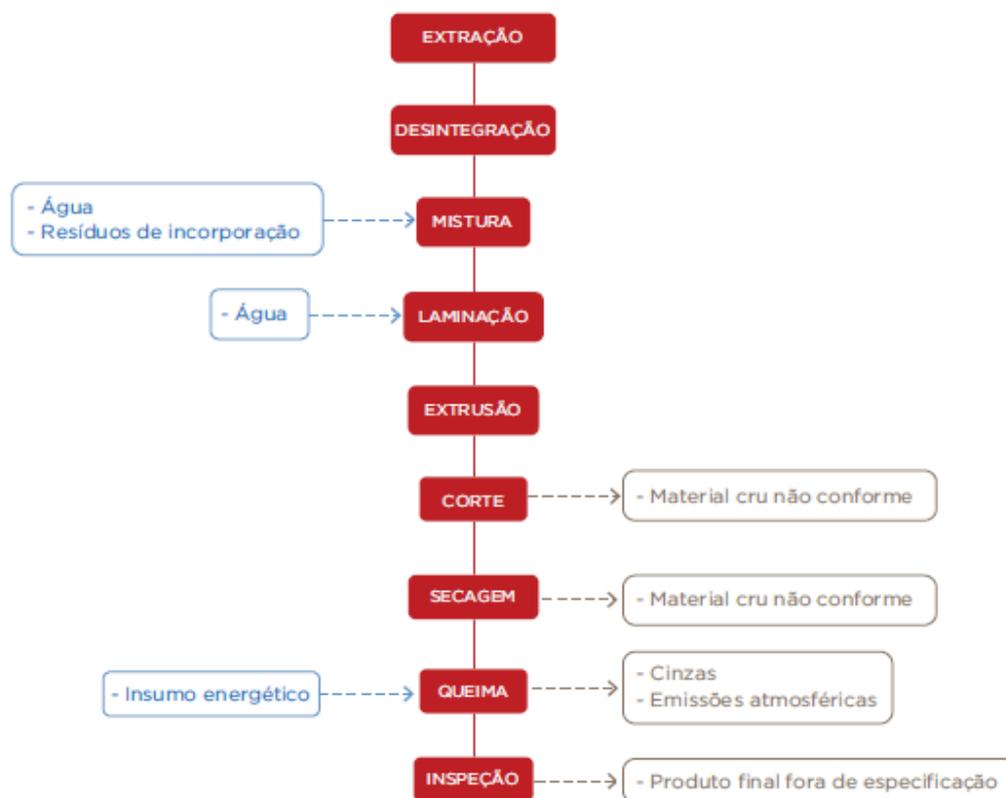
2.3 Bloco Cerâmico

O bloco cerâmico no Brasil é o mais conhecido e utilizado método construtivo em alvenaria de vedação, por ter se popularizado e hoje está em um patamar de grande emprego na construção civil como um todo. Porém o processo de produção desse tipo de alvenaria, ainda é danoso ao meio ambiente, devido principalmente à necessidade da queima, utilizando-se insumos finitos do meio ambiente para se chegar a uma resistência necessária do tijolo cerâmico.

2.3.1 Produção

O processo de fabricação desse tipo de alvenaria requer diversas etapas de produção e verificações de qualidade exigidas do mercado, como descritas a seguir.

Figura 10 - Fluxograma de Produção de Tijolo Cerâmico



Fonte: (Anicer 2013 *apud* Fiemg p. 13)

2.3.1.1 Argila

Segundo Fiemg (2013), no processo de extração da argila, a matéria prima mais importante para a fabricação do tijolo cerâmico, pode ser obtida de maneira manual ou mesmo utilizando – se de máquinas mecanizadas diversas, como escavadeiras, pás carregadeiras, trator de esteira, entre outros. Após a extração dessa matéria prima é necessário fazer coletas de pequenas amostras para fim de estudo da matéria prima em que se está utilizando nesse lote de fabricação. Com isso pode-se começar a preparação da massa cerâmica onde é levado para um processo de desintegração, onde basicamente se retira os torrões e busca homogeneizar o solo, e posteriormente é levado ao processo de mistura dos componentes.

Figura 11 - Extração de Argila



Fonte: Cerâmica (2015)

2.3.1.2 Mistura

Segundo Galassi e Tavares (2011), no processo de mistura o solo é umedecido com água, com o objetivo de melhorar a homogeneização, e posteriormente levado a um laminador, para depois ser transportado até o procedimento de conformação do bloco.

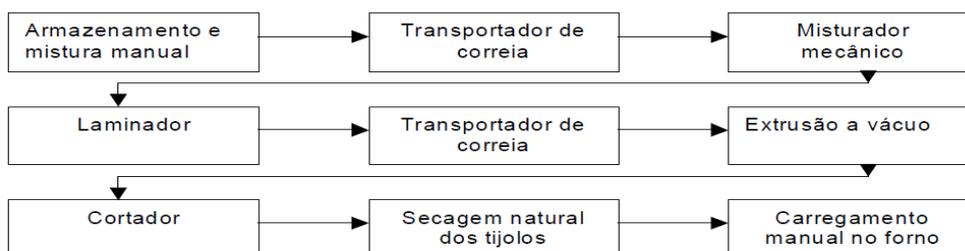
2.3.1.3 Conformação do Bloco

Existem no mercado dois tipos básicos de procedimentos que fazem essa conformação, que são a máquina de extrusão e a máquina de prensagem.

“A extrusão consiste em forçar, por pressão, a massa a passar através de um bocal apropriado ao tipo de peça a ser produzida. Como resultado, obtém-se uma coluna extrusada para confecção dos blocos.” Fiemg (2013).

Já o método de prensagem segundo (SOARES E NASCIMENTO, 2007), é por meio de um molde de borracha, que se coloca a massa granulada de argila úmida, e assim ao ser fechado hermeticamente é levada a uma câmara com fluido que por meio da compressão gerado pelo líquido é exercido uma pressão equivalente no molde.

Figura 12 - Conformação do Tijolo Cerâmico



Fonte: Davanzo *et al* (2004)

2.3.1.4 Corte

Com isso esse molde é levado para a etapa de corte, que novamente pode ser feito tanto manual como mecanicamente, levando sempre em consideração que deve ser feita uma verificação da existência de possíveis defeitos nos blocos em processo de fabricação, e havendo alguma irregularidade é necessário passar pelo processo de refazimento do tijolo.

Figura 13 - Máquina de Corte de Tijolo Cerâmico



Fonte: Lpm Máquinas (2012)

2.3.1.5 Secagem

Nessa etapa de produção de acordo com (GALASSI E TAVARES, 2011), se dá de maneira lenta, pois visa à eliminação da umidade contida no bloco cerâmico, utilizando-se de locais fechados a fim de evitar fissuras, e após cerca de cinco dias é levado ao forno (olaria), começando assim o processo de queima.

2.3.1.6 Queima

Esse é o processo de maior importância de toda a fabricação do bloco, pois é no momento de queima em que as características de resistência do bloco se dão e faz com que adquira as propriedades necessárias a fim de ser aceito pelo mercado. O procedimento ocorre basicamente em quatro fases, (SENAI *apud* SOARES E NASCIMENTO 2006 p. 3), explica que primeiramente se dá a etapa de preaquecimento, onde a temperatura é aumentada gradativamente, a fim de retirar a água sem que danifique o bloco, após isso é elevado a temperatura de cerca de 650°C à 950°C - 1000°C onde é iniciado um processo químico ao qual o bloco cerâmico começa a obter resistência, com isso ao chegar a um patamar de estabilidade é deixado por um tempo, e a última etapa em que consiste no resfriamento do lote de cerâmica, que deve ser feito cuidadosamente para não

ocorrer deformações nos tijolos, permanecendo assim nesse resfriamento gradativo por cerca de 38 – 50 horas.

Figura 14 - Processo de Queima da Cerâmica



Fonte: (Anicer, 2013 *apud* Fiemg p. 13)

2.3.1.7 Inspeção

Como em todas as etapas, essa também é de fundamental importância, pois é nela em que o produto já está acabado e pronto para ser comercializado, não poderia faltar novamente o processo de inspeção, com isso é necessário ser verificado a fim de poder estar seguro de que o produto tem de fato as características de qualidades que necessariamente requer o mercado. Após isso é levado o lote para estocagem e posteriormente feito a comercialização e utilizado a expedições de transportes adequados.

Figura 15 - Tijolo Cerâmico



Fonte: (MIRANDA, 2013, online)

2.4 Parâmetros Técnicos

Essa análise comparativa entre os métodos construtivos visa relacionar e demonstrar de maneira clara as características técnicas de cada sistema com base em um estudo que demonstra qual sistema seria o mais viável para a execução desse tipo específico de residência.

2.4.1 Viabilidade Técnica do Solo-cimento e Alvenaria Cerâmica

A fabricação do tijolo de solo-cimento de acordo com a (ABCP, 1996) requer um processo mais simples comparado à produção de alvenaria cerâmica, devido necessitar apenas de um solo apropriado, cimento e água, e ser prensado em uma fôrma sendo ela manual ou mecanizada, e após isso ser deixado para um período de cura, já na fabricação do tijolo cerâmico segundo (GALASSI E TAVARES, 2011), é necessário um processo mais complexo onde necessita de uma fábrica especializada para conformar os tijolos e ser colocado em olarias para poder realizar a queima da alvenaria. Porém é necessário visualizar o sistema construtivo como um todo, pois dentre as etapas de execução existem vantagens e desvantagens entre esses dois sistemas.

O solo-cimento autoportante apresenta algumas vantagens que devem ser levados em consideração, tais como: Eficiência construtiva devido o sistema modular ser de fácil manuseio e se tratar basicamente de blocos que são encaixados ou assentados com pouca quantidade de argamassas; Utilizar-se da própria alvenaria como forma de instalação hidráulica e elétrica sem a necessidade de excessos de cortes ou quebras na construção; Propicia uma limpeza no canteiro de obras e um controle de perda de materiais, dentre outras vantagens. (CEPED (1984) *et al.*, *apud* CORDEIRO *et al.*, 2006, p. 46).

Já o sistema convencional em cerâmica apesar de também apresentar uma característica de fácil manuseio não oferece uma facilidade nas instalações hidráulicas e sanitárias, tendo que ser feito a quebra da alvenaria a fim de executar as instalações, acarretando assim perda de material na obra e entulho.

De acordo com Motta (2014), outro aspecto importante é que no sistema convencional que se utiliza de uma estrutura de concreto a fim de sustentar o sistema, isso faz com que necessite de dispêndio de tempo e serviço na execução de caixarias e fôrmas, no tijolo modular não há essa necessidade, devido às concretagens das estruturas serem realizadas utilizando-se das aberturas internas da própria alvenaria, otimizando tempo, serviço e gerando menos gastos.

Outra característica importante de acordo com Fiquerola (2004), é que o sistema de solo-cimento por ser uma estrutura aparente não necessita de revestimentos como chapisco, reboco, emboço e pintura para poder realizar o acabamento, apenas um selante ou verniz, opção essa que o tijolo convencional não apresenta, pois para o acabamento requer todos os passos de revestimentos convencionais até a pintura final.

Sendo o solo-cimento um sistema confeccionado por meio de uma prensa com formatos variados, pode ser utilizados em diversas áreas dentro da engenharia além da construção civil. Algumas de suas aplicações variadas podem ser na área de pavimentação por meio da construção de base e sub-base de pavimentos em estradas, vias urbanas, sendo que nesse método é utilizado um tipo de solo-cimento como o intertravados de alta resistência. Outra área que esse tijolo pode ser utilizado é em revestimentos de locais com tráficos tanto de carros leves, ou mesmo pedestres com bicicletas. (CORDEIRO *et al* 2006).

Uma novidade no solo-cimento de acordo com Ferreira Filho (2012) é que atualmente existem opções de cores variadas para os tijolos, fazendo com que aumentando o seu potencial de utilização por meio tanto de uma execução eficiente quanto de um design diferenciado, por exemplo, em locais tanto públicos quanto privados, possibilitando uma construção estética e aparente. Situação essa possível na utilização da alvenaria cerâmica, contudo sendo necessário revestimentos e pintura na estrutura.

Figura 16 – Opções de cores do Solo-cimento



Fonte: Próprio Autor (2015).

Porém devido o solo-cimento se tratar de um sistema que tem como principal componente o solo devido sua fabricação, é necessário à realização de análises laboratoriais que demonstre a sua aprovação para poder ser utilizado no processo de fabricação e se tornar apto a ser comercializado, diferente da produção da

cerâmica que contêm a vantagem de não necessitar desses laudos de aprovação para ser produzido o tijolo.

Dificultando assim a popularização do sistema construtivo de solo-cimento no Brasil, e sendo esse um dos motivos que levou algumas indústrias acharem inviável continuar a produção desse tipo de alvenaria. Motta (2014).

2.4.2 Tempo de Execução dos Sistemas Construtivos

De acordo com MOTTA (p.16. apud, SEBRAE, p.3. apud, OSCAR NETO, 2010), o solo-cimento autoportante tem algumas características que faz com que se torne um sistema construtivo de mais rápida execução e menor custo do que o sistema convencional tais como. Os blocos modulares tem precisão dimensional levando assim menos tempo para serem assentados e ainda pode-se economizar em revestimentos por ser um bloco aparente. Não necessita como dito anteriormente de caixarias e fôrmas, dispensando serviços que no sistema convencional acarreta em gastos e tempo adicional. No processo construtivo como um todo, existe uma redução no tempo de construção de cerca de 30% em relação à alvenaria convencional.

Já o sistema convencional, segundo (PENTEADO; MARINHO, 2011), que se utiliza de pilares e vigas para sua estrutura, aliado a necessidade de construção de formas e a dobra das barras de aço faz com que requer um maior número de funcionários e/ou maior tempo de execução.

Mostrando assim que o sistema construtivos de solo-cimento tem uma economia de tempo de serviço de cerca de 30% do total de construção.

2.5 Orçamento

No ramo da construção civil, para poder ser executado um empreendimento com qualidade são necessário ao menos alguns projetos indispensáveis como arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico, dentre outros, porém uma construção é movida basicamente por meio do capital que se têm para investir todo o mês, sendo assim, se não houver um estudo que demonstre os gastos gerais e a melhor forma de aplicação desses recursos à obra tem grandes chances de ir à falência, com isso é necessário à inclusão dentre os itens indispensáveis para a execução desse empreendimento de um projeto orçamentário por meio de um profissional competente a fim de se obter o orçamento propriamente dito.

Elaborar um orçamento exige um processo ao qual denominamos de orçamentação. A técnica orçamentária exige identificação clara do produto e

ou serviço, descrição correta, quantificação, análise e valorização de uma série de itens, requerendo técnica, atenção e, principalmente, conhecimento de como se executa uma determinada obra e ou serviço. (FUPAM, 2008).

No mercado existem três tipos de orçamentação que se pode realizar a fim de se obter o orçamento desejado, sendo que a escolha será feita de acordo com o tipo e detalhamento que se quer em questão. Possibilitando assim por meio da necessidade do cliente poder optar entre um orçamento sob medida para as necessidades específicas de cada caso.

Segundo Mattos (2006), os projetos orçamentários podem ser classificados basicamente em três tipos, sendo eles determinados de acordo com seu nível de precisão orçamentário, são eles: Estimativa de custos; Orçamento Preliminar e Orçamento analítico ou detalhado.

E de acordo com o Tribunal de Contas da União (TCU), deve se ter em mente que o orçamento não é algo que tem de ser exato, porém necessita ser preciso. TCU (2011).

2.5.1 Estimativa de custos

Esse é um método que é utilizado a fim de dar uma ideia geral do custo total da obra, utilizando – se basicamente de indicadores de obras com padrões similares, que por meio do custo por metro quadrado construído, indicará em média quanto será o investimento a ser feito naquele empreendimento.

Existem diversos indicadores que se pode utilizar para determinar esse custo por metro quadrado, como o Custo Unitário PINI, porém o mais aplicado é o CUB.

Segundo (ABNT NBR 12721:2006 *apud* SINDUSCON 2007 p. 16), a definição do CUB é o: “Custo por metro quadrado de construção do projeto-padrão considerado, calculado de acordo com a metodologia estabelecida em 8.3, pelos sindicatos das Indústrias da Construção Civil, em atendimento ao disposto no artigo 54 da Lei nº 4.591/64 e que serve de base para a avaliação de parte dos custos de construção das edificações”.

Para a realização de um orçamento por meio desse método basicamente, é multiplicar a área de construção do empreendimento em questão pelo projeto padrão que se encaixa com os padrões sendo eles divididos entre, residência unifamiliar, multi-familiar ou prédio, classificados entre os padrões: baixo, médio ou alto.

2.5.2 Orçamento Preliminar

Nesse método o detalhamento é maior fazendo com que segundo Mattos (2006), por meio de uma orçamentação que trabalha com uma quantia maior de

indicadores, proporciona um grau de confiabilidade maior do que a estimativa de custos, sendo esses indicadores utilizados a fim de facilitar a análise orçamentária.

Abaixo estão alguns indicadores que segundo Fupam (2008), estão definidos de acordo com os seguintes valores:

2.5.2.1 Concreto

O cálculo do volume de concreto que será gasto na obra é com base na área de construção do empreendimento multiplicado por um indicador que define a espessura média de concreto se fosse distribuído uniformemente na estrutura. Sendo que isso engloba pilares, vigas, lajes e escadas, não incluindo a parte de fundações.

Indicador de Volume de Concreto: Espessura entre 12 e 16 cm (Até 10 Pavimentos).

Fórmula: $V_c = (A_c \times E_m)$.

2.5.2.1 Armação

A taxa de aço é calculada por meio de um indicador de faixa de densidade de aço por metro cúbico de concreto utilizado. Como demonstrado abaixo.

Indicador de Taxa de aço: Entre 83 e 88 Kg por m³ de concreto (Até 10 Pavimentos).

Fórmula: $P_a = (V_c \times T_a)$.

2.5.2.1 Fôrma

O cálculo da utilização média de forma (área de fôrma) em uma construção por meio do orçamento preliminar está em função do volume total de concreto necessário na obra e uma taxa de fôrma descrita abaixo.

Indicador de Taxa de fôrma: Entre 12 e 14 m³ de concreto.

Fórmula: $A_f = (V_c \times T_f)$.

Por meio de indicadores como esse é possível estimar a quantia geral de insumos tanto de materiais, quanto da demanda necessária de funcionários para executar o serviço, possibilitando uma análise orçamentária bem próxima à realidade.

2.5.3 Orçamento analítico ou detalhado

Esse método orçamentário é o mais completo e obtém os resultados mais próximo do custo real da obra, devido ao seu detalhamento criterioso e a utilização

de composições de custos atualizadas do mercado, chegando a um resultado bem próximo à realidade.

Segundo Mattos (2006), O orçamento analítico vale-se de uma composição de custos unitários para cada serviço da obra, levando em consideração quanto de mão-de-obra, material e equipamento é gasto em sua execução. Além do custo dos serviços (custo direto), são computados também os custos de manutenção de canteiro de obras, equipes técnica, administrativas e de suporte da obra, taxas e emolumentos, etc. (custo indireto), chegando a um valor orçado preciso e coerente.

O levantamento quantitativo nesse método orçamentário é feito por meio das plantas e projetos da obra, determinando essas quantidades por meio das dimensões e suas características técnicas.

Para isso de acordo com Fupam (2008), é de fundamental importância que o orçamentista crie o hábito de registrar as memórias de cálculos, para que se possivelmente houver necessidade de alguma alteração no projeto, seja possível a correção sem ter de fazer um novo levantamento orçamentário. Outro ponto importante nesse memorial é que ele é utilizado também como forma de prova de registro das informações dos quantitativos.

Abaixo são demonstrados alguns itens que são calculados por meio de índices e fórmulas que tem como objetivo chegar o mais próximo da realidade com relativa eficiência para o orçamentista que está calculando.

2.5.3.1 Fôrma

O ideal para o dimensionamento de forma é ser realizado a partir de um detalhamento dos projetos de forma.

De acordo com Equipe de Obra (2011), o cálculo da área total de forma a ser utilizado na obra está em função das somas das áreas das faces dos pilares e vigas do projeto. Sendo assim com base nessas dimensões ou por meio dos projetos detalhados de fôrma, é possível obter a área total de forma da estrutura. A fórmula básica utilizada é a seguinte: $A_f = (\sum A_{Fp})$.

2.5.3.2 Armação

Em relação à armação, o mais comum é fazer o levantamento a partir da massa de aço, segundo Mattos (2006), isso pode ser feito do projeto estrutural que detalha lista de ferros e os quadros de ferragens. Com isso calcula-se a massa de armação a partir do comprimento total de cada bitola, e usa-se uma tabela de índices que faz uma relação do peso gerado a cada metro linear como demonstrado abaixo.

Tabela 1 - Tabela de Diâmetros das Barras de Aço

Diâmetro		kg/m
mm	Polegada	
5,0	3/16"	0,16
6,3	1/4"	0,25
8,0	5/16"	0,40
10,0	3/8"	0,63
12,5	1/2"	1,00
16,0	5/8"	1,60
20,0	3/4"	2,50
22,3	7/8"	3,00
25,0	1"	4,00
32,0	1 1/4"	6,30

Fonte: Carvalho (2013).

2.5.3.3 Alvenaria

O levantamento da área de alvenaria é feito a partir da interpretação da planta baixa da edificação, com isso pode-se calcular essas dimensões basicamente multiplicando o comprimento x altura. Porém a regras quando existir janelas, portas, elementos vazados ou aberturas em geral, deve-se seguir alguns critérios, que determina que, em áreas de aberturas menor que 2m², despreza-se o vão, já se o vão for superior a isso, é descontado o que exceder. Carvalho (2013).

Em relação ao cálculo da quantia de blocos e argamassa que serão necessários por metro quadrado na construção é uma relação direta com as dimensões do bloco. Com isso utiliza-se da fórmula: $n = \frac{1}{(b_1+eh) \times (b_2+ev)}$.

Em que: "b1" e "b2" são o comprimento e a altura, e o "eh" e "ev" são as espessuras horizontais e verticais respectivamente das juntas.

No quantitativo de volume de argamassa utilizado por metro quadrado, o mais usual "é subtrair 1m² da área frontal dos blocos existentes nessa área e multiplicar o resultado pela espessura da parede", Mattos (2006).

A fórmula a seguir demonstra matematicamente o cálculo a ser utilizado: $V = [1 - n \times (b_1 \times b_2)] \times b_3$, em que: b3 é a espessura da parede.

2.5.3.4 Pintura

O cálculo de área a ser pintada é utilizado segundo Mattos (2006), um multiplicador sobre a área frontal dos elementos a serem pintados (vão luz), pois é impraticável obter a quantia específica, por exemplo, para portas, portões, janelas, grades dentre outros itens que se têm diversos detalhes.

Tabela 2 - Índices de Multiplicador de Vão Luz

Elemento	Multiplicador do vão de luz
Esquadria de guilhotina sem batente	2
Esquadria (duas faces pintadas)	2,5
Esquadria chapeadas, onduladas, de enrolar	2,5
Esquadria de guilhotina com batente	3
Elemento vazado (tipo cobogó)	4
Esquadria com veneziana	5
Armário (pintura interna e externa)	5

Fonte: Carvalho (2013)

2.5.3.5 Revestimentos

Os revestimentos em geral como o reboco, emboço, chapisco, massa única, pintura de paredes, azulejos e rodapé é calculado por meio de um formulário, que contém como requisito de cálculo o perímetro e a altura de cada cômodo, proporcionando um calculam mais simples e unificado dos revestimentos, pois esses serviços estão vinculados a área e o perímetro da construção. Mattos (2006).

2.5.3.6 Composições

Após o processo de obtenção de quantitativo de materiais, é necessário calcular os custos detalhado das etapas e serviços do empreendimento.

Para isso segundo Goldman (2004), foi desenvolvido as composições de custos que permitem calcular todas as quantidades e custos dos insumos componentes de uma atividade, apenas com base no levantamento das quantidades do serviço em projeto e nos preços unitários dos insumos.

2.5.3.7 Tabela Geral

Após os cálculos de todas as composições de serviço da obra, é possível relacionar em uma tabela final, onde se detalha todos os insumos necessários tanto de materiais como de mão de obra e o seu tempo de execução aproximado.

3 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido através de pesquisa bibliográfica que embasou o estudo de viabilidade orçamentária entre os sistemas construtivos de solo-cimento autoportante (bloco estrutural) e de concreto reticulado com alvenaria cerâmica (bloco vedação), dentro de um estudo comparativo realizado em uma residência de padrão normal no ano de 2015.

Para isso, foi utilizado como projeto base de comparação de estudo nessa residência uma unidade residencial unifamiliar – padrão normal (R1N), projeto esse descrito melhor a seguir e demonstrado no Anexo, com a planta baixa, projeto estrutural e as fachadas de projetos.

Figura 17 - Projetos Padrão

Residência Unifamiliar		
Residência Padrão Baixo (R1-B)	Residência Padrão Normal (R1-N)	Residência Padrão Alto (R1-A)
Residência composta de dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque.	Residência composta de três dormitórios, sendo um suíte com banheiro, banheiro social, sala, circulação, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda (abrigo para automóvel).	Residência composta de quatro dormitórios, sendo um suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha área de serviço completa e varanda (abrigo para automóvel).
Área Real: 58,64 m²	Área Real: 106,44 m²	Área Real: 224,82 m²

Fonte: Sinduscon (2007)

As fontes de informações para a pesquisa foram retiradas principalmente em livros de autores reconhecidos da área como Mattos (2006), Arruda (2007), e artigos da internet, onde possibilitou um embasamento teórico a respeito tanto dos sistemas construtivos estudados quanto do processo orçamentário como um todo.

3.1 Estudo preliminares

Esse estudo teve como base teórica as normas que regem suas especificações de qualidade, como: NBR's 10.832/1989; 10.833/1989; 12.721/2005; 12.722/1992; 8491/1984 e 8492/1984, que descrevem seus métodos de fabricação e a forma de aplicação na construção civil, em artigos técnicos como o Guia técnico da FIEMG (Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais), bem com em livros

como o Como Preparar Orçamento de Obras de Aldo Dórea Mattos que descreve o procedimento a ser realizados orçamentos de obras civis.

3.2 Elaboração do Orçamento

O processo orçamentário utilizado para elaboração dos cálculos foi o orçamento analítico, por meio de uma quantificação detalhada dos serviços.

Para isso esse cálculo orçamentário se baseou em um estudo preliminar por meio de uma planta baixa e seu projeto estrutural, em uma habitação residencial de padrão unifamiliar médio como mostrada em anexo, onde por meio desta foi possível à obtenção das informações necessárias para a realização das principais etapas de construção que teve foco principalmente na elevação da estrutura, alvenaria, revestimentos, acabamentos e pintura.

3.2.1 Quantitativo

Os quantitativos das etapas de serviço foram obtidos por meio da planta baixa de projeto e seu projeto estrutural, tendo assim realizados os levantamentos de infraestrutura como um todo (radier), utilizada para ambos os sistemas construtivos, e a superestrutura que teve a quantificação analítica detalhada de volume de concreto, peso de armação, e fôrma por meio do projeto estrutural da residência, já para elevação da estrutura teve como base a quantificação da metragem total da residência incluindo o desempenho.

E para os revestimentos de regularização (chapisco, reboco, emboço) utilizados somente no sistema convencional, bem como emassamento e pintura, foram obtidos através de uma tabela que relaciona a área de cada cômodo com seu respectivo perímetro e altura do pé direito, incluindo o desempenho da residência.

3.2.2 Insumos

A determinação dos insumos para o sistema de elevação da estrutura de solo-cimento se deu por meio de tabelas de composições de custo da construção civil obtidos em banco de dados como o do TCPO, já o sistema convencional bem como os outros serviços estudados foram determinados por meio do banco de dados do SINAPI.

3.2.2.1 Mão de Obra, materiais e equipamentos

Os valores das horas trabalhadas já incluso os encargos sociais dos serventes, pedreiros, dentre outros trabalhadores foram obtidos por meio do SINAPI.

Os materiais e equipamentos no sistema de elevação da estrutura de solo-cimento foram obtidos por meio do TCPO, já para o sistema convencional e os restantes dos serviços foram calculados por meio do banco de dados do SINAPI.

3.2.3 Tabelas de Composição de Custo

As tabelas de cálculos terão em seu título a discriminação detalhada dos serviços bem como todas as composições de insumos calculados, tendo também a divisão entre produtos e serviços, a fim de que facilite o entendimento e a visualização.

As tabelas de estudo foram divididas em três grupos básicos, sendo eles: tabelas de cálculos, tabelas de composição de custo e planilha orçamentária final. As tabelas de cálculos foram utilizadas para a quantificação das etapas de serviço, já as tabelas de composições de custo tiveram como objetivo discriminar custo das etapas de serviço do sistema de solo-cimento de maneira clara e objetiva e a planilha de orçamento final que demonstra o custo geral de cada etapa de serviço bem como o orçamento final de cada sistema construtivo.

3.2.3 Etapas de cálculos

Como dito anteriormente foram calculado os quantitativos por meio da planta de projeto e o projeto estrutural, sendo que as quantificações seguiram a seguinte ordem lógica, calculada primeiramente os serviços preliminares, após isso a infraestrutura de radier utilizado para ambos os sistemas construtivos, logo após foi calculado a superestrutura como um todo incluindo a alvenaria, posteriormente os revestimentos, e por fim a pintura da residência. Já o custo de cada etapa de serviço dos sistemas construtivos foram demonstrados em uma planilha final analítica a fim de diferenciar de maneira clara e objetiva os gastos que se tem em cada etapa, bem como os custos totais.

3.2.3.1 Levantamento Quantitativo Analítico

Para a quantificação dessa etapa foi utilizado principalmente o projeto estrutural da residência para assim determinar a quantia total de formas, o peso total da armação e o volume de concreto de vigas e pilares.

- Fôrmas

As fôrmas utilizadas para os cálculos foram formas de madeira comum para estruturas com reaproveitamento de duas vezes, sendo calculadas separadamente a quantia de formas para os pilares e para as vigas, por meio da área necessária demonstrada em projeto.

- Armação

Os ferros utilizados nos pilares e vigas foram CA 50 Ø 8.0mm e CA 60 Ø 5.0mm, com isso foi quantificado o comprimento total por meio do projeto estrutural para cada um dos tipos de ferros, e após isso converteu-se o comprimento total em Kg, para determinar o peso total da armação do projeto.

- Concreto e Argamassa

O concreto utilizado para cálculo foi de fck: 25 Mpa, sendo que o quantitativo foi obtido por meio da multiplicação da área da seção de cada pilar e viga (12x30) pelo comprimento total das vigas e pilares resultando no volume necessário para o projeto da residência.

- Levantamento dos serviços verticais

Para o levantamento de quantitativo dos serviços de alvenaria, revestimentos e pintura foi adotado como norma a NBR: 12.721 determina:

a) Vãos menores que 2,00m² (não desconta);

b) Vãos iguais ou maiores que 2m² e menores que 4,00m² (Desconta 50% da área total do vão);

c) Vãos maiores que 4m² (Descontados integralmente).

- Alvenaria

A quantificação da elevação de alvenaria foi por meio do produto do comprimento linear das paredes da residência e a altura da parede, retirando as áreas de descontos por norma e somando ao final a área de desempenho,

- Vergas e Contravergas

No sistema convencional foi calculado o comprimento linear total necessário. Já no sistema de solo-cimento foi necessário calcular o comprimento linear total, porém sendo as medidas modulares.

- Revestimentos e Pintura

Para o revestimento no sistema de concreto reticulado com alvenaria cerâmica, foi necessário primeiramente à definição do traço a ser utilizado para o cobrimento da superfície da alvenaria tanto para o chapisco e reboco interno e externo quanto para o emboço interno.

O traço utilizado para chapisco tanto na parte interna quanto externa será uma argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3, e = 5mm. O reboco massa única será calculado para a parte interna da residência com argamassa de traço de 1:2:8 e espessura de 20mm, quanto na parte externa com traço 1:2:8 e espessura de 35mm. Já o traço utilizado para emboço na parte interna nas áreas molhadas será uma argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:8, e = 20mm.

- Laje

Foi utilizado para os dois sistemas construtivos laje pré-moldada, espessura de 8cm e concreto de 20Mpa, sendo quantificado por meio da somatória da área da casa excluindo a área da garagem.

- Cobertura

Foi utilizado para os dois sistemas construtivos estrutura de madeira e cobertura de telha cerâmica tipo Plan com 30% de inclinação para a residência e o traço de argamassa para cumeeira de 1:2:8, sendo quantificado por meio da somatória da área total da edificação.

O consumo de tinta está relacionado à área que será pintada e o número de demãos que irá ser aplicado na obra, sendo que foi utilizado do mesmo critério do sistema construtivo de solo cimento em que foram revestidas as áreas molhadas com azulejo.

Porém, por motivos de eficiência e didática foram calculados todos os itens de revestimentos e pinturas por meio das tabelas de quantitativo que discrimina de maneira detalhada a forma de cálculo desses serviços.

3.3 Planilha Geral

Com isso foi possível fazer uma planilha detalhada dos custos gerais que se teve nos dois métodos construtivos, fornecendo informações como custo por cada etapa de serviço bem como o tempo de que levou cada serviço, e correlações que mostre a eficiência em cada um, bem como a melhor alternativa econômica construtiva a se escolher para esse tipo de construção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o estudo em questão foi possível obter os dados necessários para quantificar cada sistema bem como os custos gerais para cada um dos serviços, referente às etapas de infraestrutura: (serviços preliminares e fundação) e superestrutura: (elevação da estrutura, revestimentos e pintura), possibilitando assim dados orçamentários para a realização de comparações de gastos entre os sistemas construtivos.

4.1 Levantamentos de Quantitativos

As tabelas de dados a seguir referem-se aos cálculos de quantitativos tanto da área de infraestrutura quanto de superestrutura.

Os cálculos dos serviços preliminares e de infraestrutura a seguir serão utilizados para ambos os sistemas construtivos devido se tratar de sistemas que se utilizarão da construção de fundação pelo mesmo método.

4.1.1 Quantitativo de Serviços Preliminares

Tabela 3 - Quantitativo de Serviços Preliminares

SERVIÇOS	UND	MEMORIAL DE CÁLCULO	
Limpeza Manual do Terreno com raspagem	m ²	Perímetro da edificação incluindo calçada + 1m	173,97m ²
Barracão de obra (4x3m)	m ²	Baracão com comp. de 4m x 3m de largura	12m ²
Placa de obra (1,5x2,0)	m ²	Placa da obra de 2m de largura x 1,5m de altura	3m ²
Instalações provisórias de água, luz, esgoto	unid	Foi considerado uma instalação provisória	1und

Fonte: Autor (2015).

4.1.2 Quantitativo de Infraestrutura

Tabela 4 - Quantitativo de Infraestrutura

SERVIÇOS	UND	MEMORIAL DE CÁLCULO	
Locação e Serviços com Terra			
Locação da Obra	m ²	Igual a área da edificação conforme projeto	96,86m ²
Conformação do terreno através de corte e aterro	m ³	Área da edificação incluindo calçada x 0,30m de altura que foi considerado para conformar os possíveis desníveis que exista no terreno = (123,07m ² * 0,30)	36,92m ³
Regularização e Compactação de Aterro	m ²	Área da edificação incluindo calçada	123,07m ²

Fundação			
Embasamento com Agregado graudo	m ³	Igual a área de locação da edificação x 0,05m de agregado = $(96,86 * 0,05)$	4,84m ³
Forma para Radier	m ²	Igual o perímetro externo da edificação x altura da forma = $(43,24*0,10)$ + o perímetro externo da calçada x altura da forma = $(46,92*0,07)$	7,61m ²
Armadura CA-60 5.0 mm P/ Radier	kg	Igua a área de locação da obra x 3,11kg de malha de aço por metro quadrado	301,23kg
Concreto 25Mpa P/ Radier	m ³	Igual a área de locação da edificação x altura do radier de 0,10m + área da calçada x a espessura da calçada conforme projeto = $(96,86*0,1)+(26,21*((0,08+0,07)/2))$	11,65m ³
Lançamento de concreto	m ³	Idem	11,65m ³
Impermeabilização			
Lona plástica para radier	m ²	Área da edificação incluindo calçada	123,07m ²
Aditivo Imperm incluso no concreto taxa de aplicação (14,66kg /m ³) ou (02 litros por saco de cimento)	kg	Igual o volume de concreto do radier x 14,66Kg de aditivo por m ³	170,81kg
Impermeabilização de paredes com pintura semi-flexível	m ²	Igual o perímetro externo da edificação x 0,60m de altura = $(39,75m-0,80) x 0,60m$	23,37m ²

Fonte: Autor (2015).

4.1.3 Quantitativo de Superestrutura, vedação, revestimento e pintura

As próximas tabelas de cálculos são referentes aos serviços de superestrutura, revestimentos em gerais e acabamentos dos sistemas de solo-cimento e de concreto reticulado com bloco cerâmico de vedação.

A tabela a seguir refere-se aos quantitativos do sistema construtivo de solo-cimento autoportante e do seu revestimento em verniz quantificado para o serviço de proteção externa desse sistema construtivo.

Tabela 5 - Quantitativo de Superestrutura Solo-cimento

SERVIÇOS	UND	MEMORIAL DE CÁLCULO	
Alvenaria			
Alvenaria de Tijolo Solo-cimento (até 1,60m)	m ²	Igual o perímetro da edificação x altura da alvenaria sem andaime - desconto = $(71,07*1,6)-1,08$	112,63m ²
Alvenaria de Tijolo Solo-cimento (com andaime)	m ²	Igual o perímetro da edificação x altura da alvenaria com andaime + área de desempenho = $(71,07*1,37)+8,04$	105,41m ²
Verga / Contraverga			
Volume de Concreto Verga e Contraverga	m ³	(Volume de concreto de um bloco - o volume do furo) * (o comprimento total das vergas / pelo comprimento de um bloco) = $(22,5/0,25)*((0,009765-0,0002704)$	0,07m ³
Peso de Armação Verga e Contraverga	Kg	Igual o comprimento linear das vergas x duas barras por verga x o índice Gerdau = $(22,5*2*0,154)$	6,93Kg

Revestimento			
Chapisco	m ²	Iguar comprimento linear interno das áreas molhadas x altura das paredes = $((7,07+7,07+6,67)*2,9)$	60,35m ²
Emboço	m ²		
Azuleijo	m ²		
Pintura			
Verniz sobre bloco aparente interno	m ²	(Iguar o comprimento linear das paredes internas x altura da parede) - desconto = $((11,97+12,06+7,07+12,04+7,07+10,79+8,37+6,67+9,27+14,94)*2,97)-1,08$	296,66m ²
Verniz sobre bloco aparente externo	m ²	Iguar o perímetro externo de alvenaria x altura da parede + área de desempenho da alvenaria - desconto = $(39,75*2,97)+(4,02*2)-1,08$	125,02m ²

Fonte: Autor (2015).

Os cálculos abaixo referem - se às etapas de serviço de construção da elevação da estrutura do método tradicional, quantificando os serviços de elevação de alvenaria como um todo, pilares, vigas, fôrmas e armaduras.

Tabela 6 - Quantitativo de Superestrutura Sistema Convencional

SERVIÇOS	UND	MEMORIAL DE CÁLCULO	
Pilares			
Vergas e contra vergas 10x10 com pré moldada incl. forma	m	Iguar a somatoria do comprimento linear das vergas e contravergas	26,8m
Forma de madeira comum para Estrutura (corte, montagem, escoramento e desforma), reaprov. 2 x	m ²	Iguar o comprimento linear da dimensão dos pilares x a altura do pilar = $(0,84m \times 51m) / 2x$ de aproveitamento	21,42m ²
Concreto usinado 25 MPa inclusive lançamento, adensamento mecânico e acabamento.	m ³	Iguar a área da seção do pilar x altura do pilar = $0,036m^2 \times 3m \times 17$ pilares	1,84m ³
Aço CA 50 - 8.0 mm (cortado e dobrado)	kg	Iguar a somatória do compr. de quatro barras de 8.0mm para cada pilar x compr. total dos pilares x índice (índice Gerdau) = $(2,98*4*17)*0,395$	80,04kg
Aço CA 60 - 5.0 mm (cortado e dobrado)	kg	Iguar a somatória de 25 estribos de 5.0mm por pilar x compr. do estribo x quantia total de pilares x índice (índice Gerdau) = $(25*0,8*17)*0,154$	52,36kg
Vigas Superiores			
Concreto usinado bombeado 25 MPa incl. c/ lançamento e adensamento	m ³	Iguar a área da seção da viga x comprimento linear = $0,036m^2 \times 82,22m$	2,96m ³
Forma de madeira comum para Estrutura (corte, montagem, escoramento e desforma), reaprov. 2 x	m ²	Iguar o comprimento linear da dimensão da viga x comprimento linear das vigas = $(0,84m^2 \times 95,4m) / 2x$ de aproveitamento	40,07m ²
Aço CA 50 - 8.0 mm (cortado e dobrado)	kg	Iguar a somatória do compr. de quatro barras de 8.0mm para cada viga x compr. total das vigas x índice (índice Gerdau) = $(4*95,4)*0,395$	150,73kg
Aço CA 60 - 5.0 mm (cortado e dobrado)	kg	Iguar a somatória do compr. total das vigas / pelo espessamento de 12cm x por 80cm de estribo x índice (índice Gerdau) = $(95,4/0,12)*0,8*0,154$	97,94kg
Alvenaria/Vedação			
Allvenaria tijolo 6 furos cerâmico 9x19x19cm assentado com argamassa traço 1:2:8	m ²	Iguar o comprimento linear das paredes x altura da parede + área do desempenho - desconto = $(71,07m \times 2,97m) + 8,04 - 1,08$	218,04m ²

Fonte: Autor (2015).

Os cálculos abaixo referem – se à laje e cobertura que foram quantificados para ambos os sistemas construtivos estudados, sendo essa quantificação por meio da somatória total da área necessária da residência em estudo.

Laje			
SERVIÇOS	UND	MEMORIAL DE CÁLCULO	
Laje pre-moldada p/ forro, sobrecarga 100kg/m ² , e=8cm, lajotas e cap. c/ conc. Fck=20MPA, 3cm, c/ escoramento (reapr. 3x) e ferragem negativa.	m ²	Igual a somatoria da área da casa excluindo a garagem, conforme projeto de lajes	75,78m ²
Cobertura			
SERVIÇOS	UND	MEMORIAL DE CÁLCULO	
Estrutura de madeira, segunda qualidade, serrada, não aparelhada, para telhas cerâmicas.	m ²	Igual a área de cobertura da edificação (levando-se em consideração a inclinação de 30%)	69,82m ²
Cobertura em telha cerâmica tipo PLAN, excluindo madeiramento	m ²	Igual a área de cobertura da edificação (levando-se em consideração a inclinação de 30%)	43,63m ²
Cumeeira com telha cerâmica embocada com argamassa traço 1:2:8	m	Igual o comprimento linear da cumeeira	19,26m
Embocamento de ultima fiada de telha cerâmica	m	Igual a somatoria do comprimento linear das laterais dos telhados (ultima fiada)	8,17m

Fonte: Autor (2015).

Devido o sistema de solo-cimento não necessitar de revestimento por se tratar de um sistema construtivo de blocos aparente, foram quantificadas as tabelas de revestimentos de regularização de superfície a seguir somente para o sistema convencional, onde será utilizado chapisco e reboco tanto para parte interna quanto externa da estrutura, emboço para a parte interna.

Já os serviços de cerâmica foram utilizados para ambos os sistemas construtivos, sendo que para as paredes de áreas molhadas o revestimento será de azulejo branco, visando à proteção da alvenaria.

Tabela 7 - Quantitativo Revestimento Sistema Convencional

SERVIÇOS	UND	MEMORIAL DE CÁLCULO	
Revestimentos internos			
Chapisco	m ²	(Igual o comprimento linear das paredes internas x altura da parede)-desconto = ((11,97+12,06+7,07+12,04+7,07+10,79+8,37+6,67+9,27+14,94)*2,97)-1,08	296,66m ²
Reboco Massa Única	m ²	(Igual o comprimento linear das paredes internas x altura da parede)-desconto-área molhada = ((11,97+12,06+7,07+12,04+7,07+10,79+8,37+6,67+9,27+14,94)*2,97)-1,08-60,35	236,31m ²
Emboço	m ²	Igual comprimento linear interno dos banheiros x altura das paredes = ((7,07+7,07+6,67)*2,9)	60,35m ²
Azulejo Branco	m ²		
Revestimentos externos			
Chapisco	m ²	Igual o comprimento linear das paredes externas x altura da parede + desempenho = ((39,75*2,97)+(4,02*2))-1,08	125,02m ²
Reboco massa única	m ²		

Fonte: Autor (2015).

No sistema de concreto reticulado com alvenaria cerâmica, é essencial que se tenha emassamento e pintura tanto nas paredes internas como externas, com isso foi utilizada pintura látex acrílica na parte externa e látex PVA na parte interna, com o emassamento necessário para cada tipo de pintura.

Tabela 8 - Quantitativo Pintura Sistema Convencional

SERVIÇOS	UND	MEMORIAL DE CÁLCULO	
Internas			
Selador PVA	m ²	Iguar o comprimento linear das paredes internas x altura da parede - área molhada - desconto = $((11,97+12,06+7,07+12,04+7,07+10,79+8,37+6,67+9,27+14,94)*2,97)-60,35-1,08$	236,31m ²
Emassamento interno 2 demãos c/massa corrida PVA em paredes	m ²		
Tinta Latéx/PVA	m ²		
Externas			
Selador Acrílico	m ²	Iguar o comprimento linear das paredes externas x altura da parede + desempenho = $((39,75*2,97)+(4,02*2))-1,08$	125,02m ²
Tinta Acrílica sem massa corrida	m ²		

Fonte: Autor (2015).

Por fim a quantificação de um serviço de limpeza geral dos empreendimentos estudado.

Tabela 9 - Quantitativo Serviços Complementares

SERVIÇOS	UND	MEMORIAL DE CÁLCULO	
Limpeza geral da obra	m ²	Perímetro da edificação incluindo calçada + 1m	173,97 m ²

Fonte: Autor (2015).

4.2 Tabelas de Preço dos Trabalhadores.

A seguir serão demonstradas as tabelas de preço dos trabalhadores de acordo com o SINAPI de agosto de 2015, que foram utilizados para ambos os sistemas construtivos estudados.

Tabela 10 - Salário dos Trabalhadores da Construção Civil

Cargo	R\$ / Hora	R\$ / Mês (220 horas)
Pedreiro	10,84	R\$ 2.384,80
Servente	6,85	R\$ 1.507,00

Fonte: SINAPI (2015).

4.3 Tabelas de Composições de Custo.

As tabelas composições de custo que vão quantificar o sistema de solo-cimento foram obtidas através de banco de dados do TCPO, já o preço unitário das composições, equipamentos e serviços foram obtidos dos bancos de dados do SINAPI de agosto de 2015.

4.3.1 Elevação da Alvenaria de Solo-cimento

Os serviços de elevação de alvenaria em solo-cimento serão executados e quantificados em duas etapas, sendo a primeira até 1,60m e a outra com a utilização de andaime.

Tabela 11 - Alvenaria de tijolo de solo-cimento, executada até 1,60 m de altura

Componentes	uni.	Consumo	Preço Unitário	Total
Composição				
Tijolo solo-cimento com dois furos	uni.	64,00	0,88	56,32
Cola a base de PVA	kg	0,51	13,86	7,01
Barra de aço CA-50 5/16" (bitola: 8.00	kg	0,42	4,70	1,95
Cimento Portland CP II-E-32	kg	1,35	0,52	0,70
Pedrisco	m ³	0,00	95,23	0,29
Areia lavada tipo média	m ³	0,00	70,00	0,22
Serviço				
Pedreiro	h	0,74	10,84	8,05
Servente	h	0,77	6,85	5,25
Total / m²				R\$ 79,79

Fonte: TCPO (2011).

Tabela 12 - Alvenaria de tijolo de solo-cimento, executada em cima de andaime

Componentes	uni.	Consumo	Preço Unitário	Total
Composição				
Tijolo solo-cimento com dois furos	uni.	64,00	0,88	56,32
Cola a base de PVA	kg	0,51	13,86	7,01
Barra de aço CA-50 5/16" (bitola: 8.00	kg	0,42	4,70	1,95
Cimento Portland CP II-E-32	kg	1,35	0,52	0,70
Pedrisco	m ³	0,00	95,23	0,29
Areia lavada tipo média	m ³	0,00	70,00	0,22
Serviço				
Pedreiro	h	1,20	10,84	13,01
Servente	h	1,21	6,85	8,29
Total / m²				R\$ 87,79

Fonte: TCPO (2011).

4.4 Planilhas Orçamentárias

Com todos os quantitativos analíticos de projeto necessários e a determinação dos serviços por meio do banco de dados do SINAPI, foi possível a realização das planilhas orçamentárias, podendo assim discriminar as previsões de custos de cada etapa de serviço para cada sistema construtivo estudado.

4.4.1 Planilha Solo-cimento

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
(BLOCO DE SOLO CIMENTO)							
OBRA:	Unidade Habitacional Padrão Médio						
ÁREA:	96,86 M ²	Data:	Outubro 2015	Referência SINAPI: Agosto/2015			
ITENS	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	% ITEM	UND	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	TOTAL	CÓDIGO SINAPI
1.0	SERVIÇOS PRELIMINARES						
1.1	Limpeza Manual do Terreno com raspagem	0,70%	m ²	173,97	2,54	441,88	73948/016
1.2	Barracão de obra (4x3m)	5,50%	m ²	12,00	289,12	3.469,44	74210/001
1.3	Placa de obra (1,5x2,0)	1,65%	m ²	3,00	346,58	1.039,74	74209/001
1.4	Instalações provisórias de água, luz, esgoto	1,92%	unid	1,00	1.212,54	1.212,54	73960/001
	Subtotal	9,77%				R\$ 6.163,60	
2.0	INFRAESTRUTURA						
2.1	Locação e Serviços com Terra						
2.1.1	Locação da Obra	0,49%	m ²	96,86	3,16	306,08	74077/002
2.1.2	Conformação do terreno através de corte e aterro	0,40%	m ³	36,92	6,89	254,39	79473
2.1.3	Regularização e Compactação de Aterro	3,93%	m ²	123,07	20,16	2.481,09	74015/001
2.2	Fundação						
2.2.1	Embasamento com Agregado graudo	0,76%	m ³	4,84	98,66	477,81	74164/004
2.2.2	Forma para Radier	0,33%	m ²	7,61	26,95	205,05	5651
2.2.3	Armadura CA-60 5.0 mm P/ Radier	3,39%	kg	301,23	7,09	2.135,75	73942/002
2.2.4	Concreto 25Mpa P/ Radier	6,97%	m ³	11,65	377,42	4.397,60	73972/001
2.2.5	Lançamento de concreto	1,28%	m ³	11,65	69,50	809,80	74157/003
	Subtotal	17,55%				R\$ 11.067,57	
3.0	IMPERMEABILIZAÇÃO						
3.1.1	Lona plástica para radier	0,80%	m ²	123,07	4,11	505,82	68053
3.1.2	Aditivo Imperm incluso no concreto taxa de aplicação (14,66kg /m ³) ou (02 litros por saco de cimento)	1,39%	kg	170,81	5,12	874,57	MERCADO
3.1.2	Impermeabilização de paredes com pintura semi-flexível	0,27%	m ²	23,37	7,38	172,47	72075
	Subtotal	2,46%				R\$ 1.552,86	
4.0	SUPERESTRUTURA						
4.1	Alvenaria						
4.1.1	Alvenaria de Tijolo Solo-cimento (até 1,60m)	14,24%	m ²	112,63	79,73	8.980,29	COMP.
4.1.2	Alvenaria de Tijolo Solo-cimento (com andaime)	14,66%	m ²	105,41	87,73	9.246,82	COMP.
4.1.3	Concreto usinado 25 MPa inclusive lançamento, adensamento mecânico e acabamento - Verga/Contraverga	0,42%	m ³	0,70	377,42	264,19	74138/003
4.1.4	Aço CA 50 - 8.0 mm (cortado e dobrado) - Verga/Contraverga	0,08%	kg	6,93	7,34	50,87	74254/002
	Subtotal	29,40%				R\$ 18.542,17	

4.2	Lajes						
4.2.1	Laje pre-moldada p/ forro, sobrecarga 100kg/m ² , e=8cm, lajotas e cap. c/ conc. Fck=20MPA, 3cm, c/ escoramento (reapr. 3x) e ferragem negativa.	7,22%	m ²	75,78	60,05	4.550,59	74202/002
	Subtotal	7,22%				R\$ 4.550,59	
5.0	COBERTURA						
5.1	Estrutura de madeira, segunda qualidade, serrada, não aparelhada, para telhas cerâmicas.	13,91%	m ²	125,61	69,82	8.770,09	72076
5.2	Cobertura em telha cerâmica tipo PLAN, excluindo madeiramento	8,69%	m ²	125,61	43,63	5.480,36	73938/002
5.3	Cumeeira com telha cerâmica embocada com argamassa traço 1:2:8	0,35%	m	11,41	19,26	219,76	6058
5.4	Embocamento de ultima fiada de telha cerâmica	0,32%	m	24,60	8,17	200,98	73938/007
	Subtotal	23,27%				R\$ 14.671,19	
6.0	REVESTIMENTOS						
6.1	Chapisco	0,23%	m ²	60,35	2,45	147,86	87879
6.2	Emboço	1,90%	m ²	60,35	19,81	1.195,51	87535
6.3	Azulejo Branco	3,40%	m ²	60,35	35,48	2.141,18	87269
	Subtotal	5,53%				R\$ 3.484,55	
7.0	PINTURAS						
7.1	Verniz sobre bloco aparente interno	2,85%	m ²	236,31	7,61	1.798,34	84677
7.2	Verniz sobre bloco aparente externo	1,51%	m ²	125,02	7,61	951,38	84677
	Subtotal	4,36%				R\$ 2.749,72	
10.0	SERVIÇOS COMPLEMENTARES						
10.1	Limpeza geral da obra	0,44%	m ²	173,97	1,60	278,35	9537
	Subtotal	0,44%				R\$ 278,35	
TOTAL GERAL				100,00%		R\$	63.060,60

4.4.2 Planilha Sistema Convencional

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
(BLOCO DE CERÂMICO)							
OBRA: Unidade Habitacional Padrão Médio							
ÁREA: 96,86 M ²		Data: Outubro 2015		Referência SINAPI: Agosto/2015			
ITENS	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	% ITEM	UND	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	TOTAL	CÓDIGO SINAPI
1.0	SERVIÇOS PRELIMINARES						
1.1.2	Limpeza Manual do Terreno com raspagem	0,57%	m2	173,97	2,54	441,88	73948/016
1.1.3	Barracão de obra (4x3m)	4,46%	m2	12,00	289,12	3.469,44	74210/001
1.1.4	Placa de obra (1,5x2,0)	1,34%	m2	3,00	346,58	1.039,74	74209/001
1.1.5	Instalações provisórias de água, luz, esgoto	1,56%	unid	1,00	1.212,54	1.212,54	73960/001
	Subtotal	7,93%				R\$ 6.163,60	
2.0	INFRAESTRUTURA						
2.1	Locação e Serviços com Terra						
2.1.1	Locação da Obra	0,39%	m2	96,86	3,16	306,08	74077/002
2.1.2	Conformação do terreno através de corte e aterro	0,33%	m3	36,92	6,89	254,39	79473
2.1.3	Regularização e Compactação de Aterro	3,19%	m2	123,07	20,16	2.481,09	74015/001
2.2	Fundação	0,00%					
2.2.1	Embasamento com Agregado graudo	0,61%	m ³	4,84	98,66	477,81	74164/004
2.2.2	Forma para Radier	0,26%	m ²	7,61	26,95	205,05	5651
2.2.3	Armadura CA-60 P/ Radier	2,75%	kg	301,23	7,09	2.135,75	73942/002
2.2.4	Concreto 25Mpa P/ Radier	5,66%	m ³	11,65	377,42	4.397,60	73972/001
2.2.5	Lançamento de concreto	1,04%	m ³	11,65	69,50	809,80	74157/003
	Subtotal	14,23%				R\$ 11.067,57	
3.0	IMPERMEABILIZAÇÃO						
3.1.1	Lona plástica para radier	0,65%	m2	123,07	4,11	505,82	68053
3.1.2	Aditivo Imperm incluso no concreto taxa de aplicação (14,66kg /m ³) ou (02 litros por saco de cimento)	1,12%	kg	170,81	5,12	874,57	MERCADO
3.1.2	Impermeabilização de paredes com pintura semi-flexível	0,22%	m2	23,37	7,38	172,47	72075
	Subtotal	2,00%				R\$ 1.552,86	
4.0	SUPERESTRUTURA						
4.1	Pilares						
4.1.1	Vergas e contra vergas 10x10 cm pré moldada incl. Form	0,47%	m	26,80	13,69	366,89	74200/001
4.1.2	Forma de madeira comum para Estrutura (corte, montagem, escoramento e desforma), reaprov. 2 x	0,74%	m2	21,42	26,95	577,27	5651
4.1.3	Concreto usinado 25 MPa inclusive lançamento, adensamento mecânico e acabamento.	0,89%	m3	1,84	377,42	694,45	74138/003
4.1.4	Aço CA 50 - 8.0 mm (cortado e dobrado)	0,76%	kg	80,04	7,34	587,49	74254/002
4.1.5	Aço CA 60 - 5.0 mm (cortado e dobrado)	0,48%	kg	52,36	7,09	371,23	73942/002
	Subtotal	3,34%				R\$ 2.597,33	
4.2	Vigas superior (cintas)						
4.2.1	Concreto usinado bombeado 25 MPa incl. c/ lançamento e adensamento	1,63%	m3	2,96	427,71	1.266,02	74138/003
4.2.2	Forma de madeira comum para Estrutura (corte, montagem, escoramento e desforma), reaprov. 8 x	1,39%	m2	40,07	26,95	1.079,89	5651
4.2.3	Aço CA 50 - 8.0 mm (cortado e dobrado)	1,42%	kg	150,73	7,34	1.106,36	74254/002
4.2.6	Aço CA 60 - 5.0 mm (cortado e dobrado)	0,89%	kg	97,94	7,09	694,39	73942/002
	Subtotal	5,33%				R\$ 4.146,66	

4.3	Lajes						
4.3.1	Laje pre-moldada p/ forro, sobrecarga 100kg/m ² , e=8cm, lajotas e cap. c/ conc. Fck=20MPA, 3cm, c/ escoramento (reapr. 3x) e ferragem negativa.	5,85%	m ²	75,78	60,05	4.550,59	74202/002
	Subtotal	5,85%				R\$ 4.550,59	
5.0	ALVENARIA/VEDAÇÃO						
5.1	Paredes						
5.1.1.	Allvenaria tijolo 6 furos cerâmico qualidade, serrada, não aparelhada, para telhas cerâmicas.	16,10%	m ²	218,04	57,43	12.521,92	87512
	Subtotal	16,10%				R\$ 12.521,92	
6.0	COBERTURA						
6.1	Estrutura de madeira, segunda qualidade, serrada, não aparelhada, para telhas cerâmicas.	11,28%	m ²	125,61	69,82	8.770,09	72076
6.2	Cobertura em telha cerâmica tipo PLAN, excluindo madeiramento	7,05%	m ²	125,61	43,63	5.480,36	73938/002
6.3	Cumeeira com telha cerâmica embocada com argamassa traço 1:2:8	0,28%	m	11,41	19,26	219,76	6058
6.4	Embocamento de ultima fiada de telha cerâmica	0,26%	m	24,60	8,17	200,98	73938/007
	Subtotal	18,87%				R\$ 14.671,19	
7.0	REVESTIMENTOS						
7.1	Revestimentos internos						
7.1.1	Chapisco	0,93%	m ²	296,66	2,45	726,82	87879
7.1.2	Emboço	1,54%	m ²	60,35	19,81	1.195,51	87535
7.1.3	Reboco Massa Única	6,51%	m ²	236,31	21,41	5.059,45	87533
7.1.4	Azulejo Branco	2,75%	m ²	60,35	35,48	2.141,18	87269
	Subtotal	11,73%				R\$ 9.122,96	
7.2	Revestimentos externos						
7.2.1	Chapisco	0,39%	m ²	125,02	2,45	306,29	87879
7.2.2	Reboco massa única	6,09%	m ²	125,02	37,86	4.733,16	87779
	Subtotal	6,48%				R\$ 5.039,45	
8.0	PINTURAS						
8.1	selador PVA	0,51%	m ²	236,31	1,67	394,64	88483
8.2	Emassamento interno 2 demãos c/massa corrida PVA em paredes	3,00%	m ²	236,31	9,86	2.330,04	88497
8.3	Tinta Latéx/PVA	2,40%	m ²	236,31	7,91	1.869,23	88487
8.4	Selador Acrílico	0,28%	m ²	125,02	1,74	217,53	88485
8.5	Tinta Acrílica sem massa corrida	1,59%	m ²	125,02	9,87	1.233,92	88489
	Subtotal	7,77%				R\$ 6.045,36	
11.0	SERVIÇOS COMPLEMENTARES						
11.1	Limpeza geral da obra	0,36%	m ²	173,97	1,60	278,35	9537
	Subtotal	0,36%				R\$ 278,35	
TOTAL GERAL				100,00%		R\$	77.757,84

4.5 Análises Orçamentárias

Com isso foi feito um estudo comparativo com os serviços de essenciais impacto no orçamento dos sistemas construtivos, sendo eles os serviços de elevação, revestimento e acabamento da estrutura.

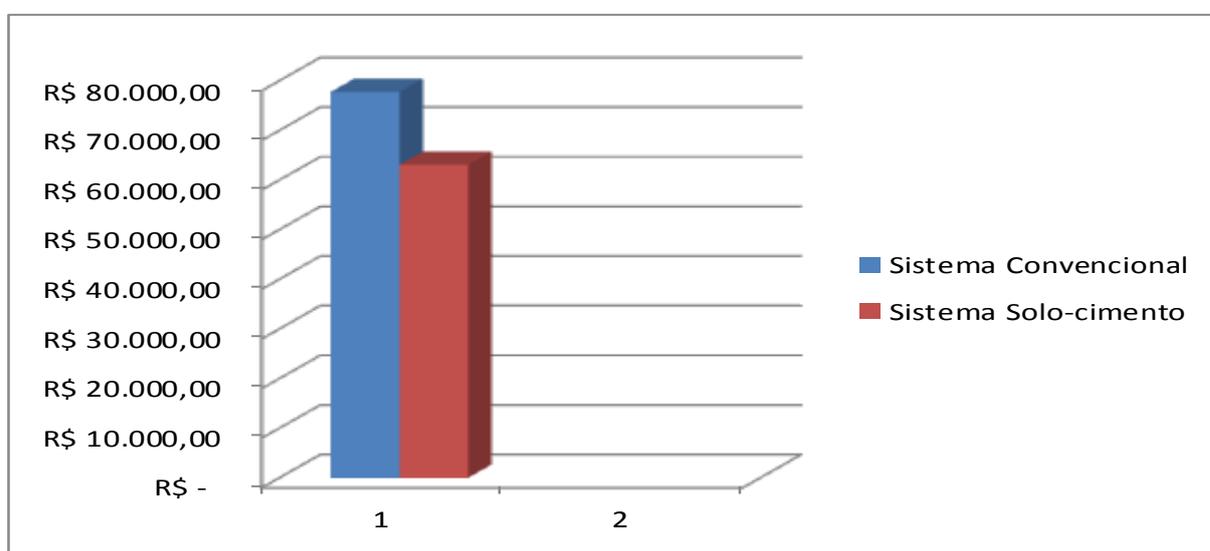
O sistema de solo-cimento autoportante e o sistema construtivo de concreto reticulado com alvenaria cerâmica obteve-se uma diferença de 18,90% em relação ao custo total do processo orçamentário.

Tabela 13 - Comparativo Geral dos Sistemas Construtivos

TIPO	VALOR	DIFERENÇA
Sistema Convencional	R\$ 77.757,84	18,90%
Sistema Solo-cimento	R\$ 63.060,60	

Fonte: Autor (2015).

Figura 18 - Orçamento Total



Fonte: Autor (2015).

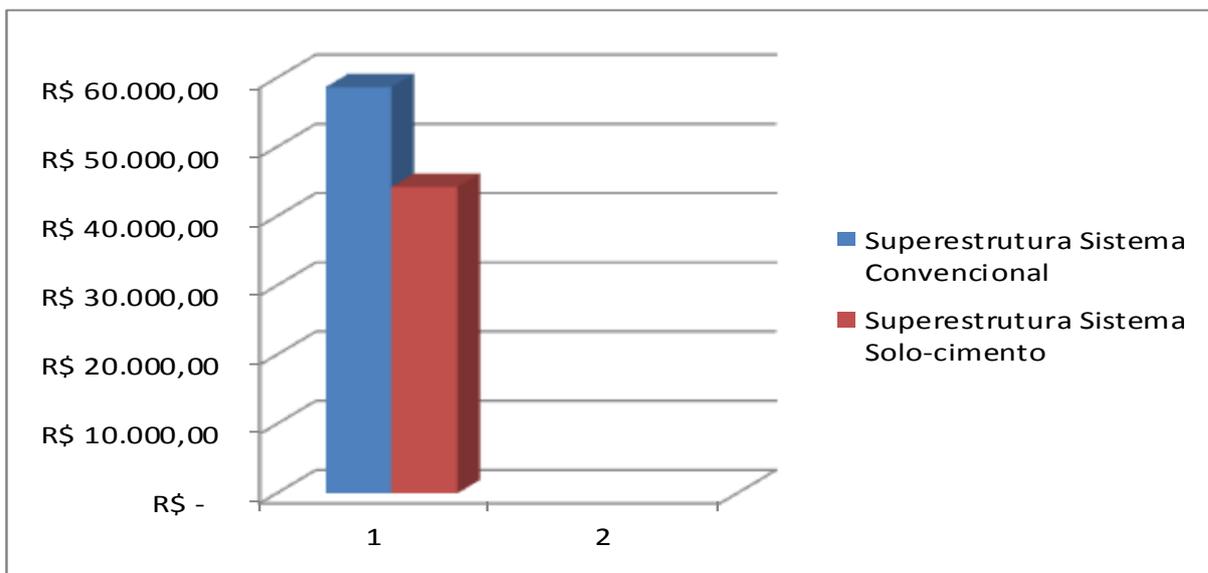
Abaixo está sendo comparados os custos somente nas etapas de elevação da superestrutura, onde para o sistema convencional inclui pilares, vigas, vedação cerâmica, revestimento, laje e cobertura e para o sistema de solo-cimento inclui a estrutura autoportante, laje, cobertura e revestimentos. Resultando em uma diferença de 24,57%, diferença essa devido principalmente ao gasto do sistema convencional devido à necessidade de revestimentos e acabamento e pintura.

Tabela 14 - Comparativo Elevação de Superestrutura

TIPO	VALOR	DIFERENÇA
Superestrutura Sistema Convencional	R\$ 58.695,46	24,57%
Superestrutura Sistema Solo-cimento	R\$ 44.276,57	

Fonte: Autor (2015).

Figura 19 - Orçamento Superestrutura



Fonte: Autor (2015).

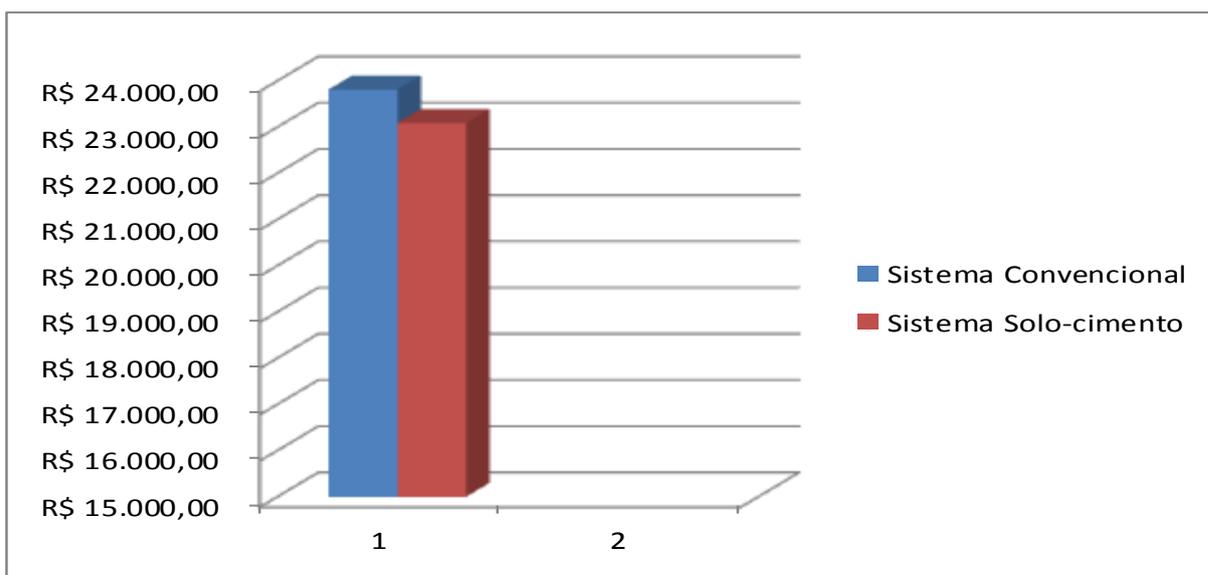
Em relação somente a elevação da estrutura, onde para o sistema convencional inclui pilares, vigas, laje e vedação cerâmica e no sistema de solo-cimento inclui a estrutura autoportante e a laje, resultando em uma diferença mínima com apenas 3,04% mostrando assim que nessa etapa os custos dos serviços são muito próximos.

Tabela 15 - Comparativo de Elevação dos Sistemas

TIPO	VALOR	DIFERENÇA
Sistema Convencional	R\$ 23.816,50	3,04%
Sistema Solo-cimento	R\$ 23.092,76	

Fonte: Autor (2015).

Figura 20 - Orçamento de Elevação dos Sistemas



Fonte: Autor (2015).

A etapa de revestimentos é onde de fato ocorre a maior diferença entre os sistemas estudados, pois no sistema construtivo de solo-cimento não existe a

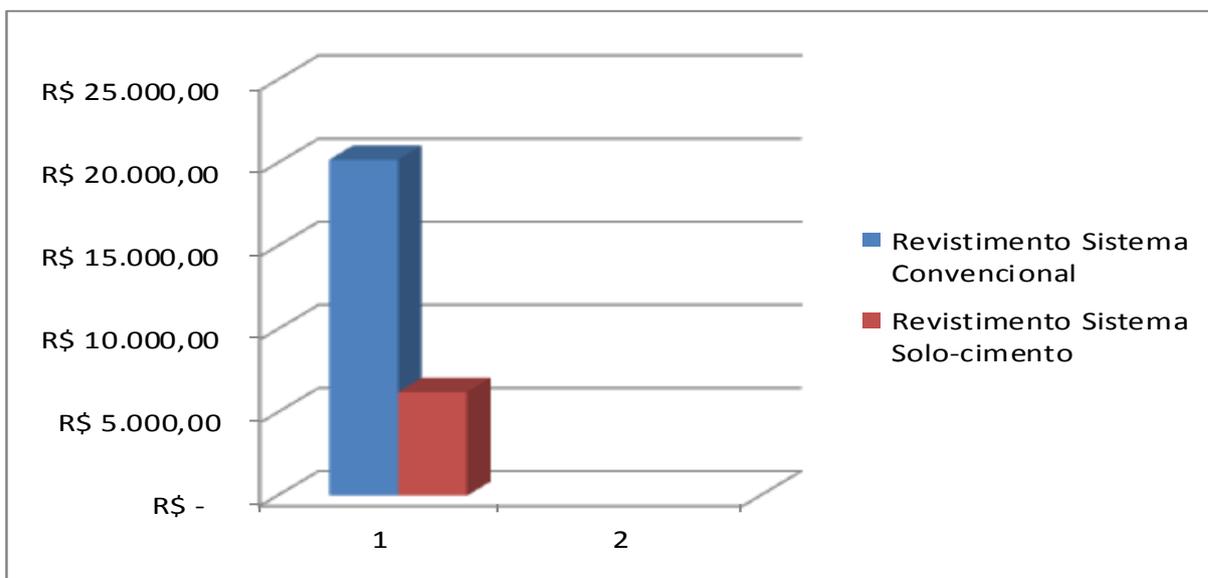
necessidade de revestimento como ocorre no sistema convencional, por se tratar de um sistema aparente, assim se tornando devido a isso uma opção viável economicamente dependendo do tipo de construção, tendo uma diferença de custo de 69,15%.

Tabela 16 - Comparativo de Revestimento

TIPO	VALOR	DIFERENÇA
Revestimento Sistema Convencional	R\$ 20.207,77	69,15%
Revestimento Sistema Solo-cimento	R\$ 6.234,27	

Fonte: Autor (2015).

Figura 21 - Orçamento de Revestimentos



Fonte: Autor (2015).

5 CONCLUSÕES

Com a avaliação dos dados a partir do estudo realizado foi possível obter informações importantes relacionadas a esses dois sistemas construtivos e entendeu-se que para esse tipo de residência em questão a melhor opção financeira foi o sistema construtivo de solo-cimento autoportante que por não necessitar de revestimentos e acabamentos onerosos, bem como a não utilização de fôrmas e caixarias, tendo assim um custo menor. Porém por ser um sistema autoportante existe a necessidade de um cuidado na execução dos projetos hidráulicos e elétricos devido serem embutido na estrutura essas instalações, sendo assim necessária uma equipe capacitada que siga corretamente os procedimentos de elevação da estrutura juntamente com os outros serviços de instalação.

Outro ponto importante é em relação ao tempo de execução que o solo-cimento autoportante tem vantagem devido à agilidade no sistema construtivo em relação ao sistema convencional, reduzindo assim os custos de serviço em cerca de 30% de acordo com os dados estudados.

Por fim devido à diferença de custo entre os sistemas de acordo com os dados e estudos realizados ser de 18,90% no custo geral, 24,57% na elevação da superestrutura, 3,04% no sistema sem revestimentos e 69,15% na parte de revestimentos e regularização a menos para o solo-cimento autoportante, entendeu ser a melhor opção financeira para esse tipo de residência em questão o sistema de solo-cimento, porém com certa dificuldade no que diz respeito à necessidade de mão de obra qualificada para esse sistema construtivo.

5.1 Propostas para trabalhos futuros

Realizar um estudo de gastos referente ao tempo necessário de execução entre esses sistemas construtivos

Verificar o percentual de ganho que o sistema de solo-cimento proporciona através da não necessidade de rasgos e perdas de materiais devido o sistema modular permitir instalações internas tanto hidráulicas quanto elétricas na estrutura.

REFERENCIAL

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (São Paulo). **Informações Técnicas - Processos de Fabricação**. 2010. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/site/?area=4&submenu=50>>. Acesso em: 09 abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP): Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais. São Paulo, 2000. (BT-111)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP): O solo-cimento e suas aplicações rurais. São Paulo, 1996. (BT-117)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10832**: Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721**: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12722**: Discriminação de serviços para construção de edifícios. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491**: Tijolo maciço de solo. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492**: Tijolo maciço de solo cimento – determinação da resistência à compressão e da absorção d'água. Rio de Janeiro, 1984.

CAMPOS, Iberê M.. **Solo-cimento, solução para economia e sustentabilidade**. 2012. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=124>>. Acesso em: 06 abr. 2015.

CERÂMICA. **Matéria Prima**. Disponível em: <<http://www.ceramica6.com.br/materia-prima-ceramica6.php>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

CORDEIRO, Martha Eleonora Venâncio; CONCEIÇÃO, Patrícia Marluci da; LIMA, Thiago Vicente. **A educação ambiental e o uso do solo-cimento**. Rio de Janeiro: Cefet, 2006.

DAVANZO, Erica Priscila; PIANARO, Sidnei Antonio; VIEIRA, Valmor. **PRODUÇÃO DE TIJOLOS PELO PROCESSO DE AUTO-QUEIMA**. Paraná: Uepg, 2004.

DNIT. **Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte**. 2007. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/planejamento/estudos-de-viabilidade>>. Acesso em: 11 abr. 2015.

ECO MÁQUINAS (Campo Grande). **A maior indústria das Américas no segmento**. 2013. Disponível em: <<http://ecomaquinas.com.br/inicio>>. Acesso em: 04 abr. 2015.

EQUIPE DE OBRA. **Como construir na prática equipe de obras: Equipe de Obra.** 2011. Disponível em: <<http://equipedebra.pini.com.br/construcao-reforma/46/artigo254590-1.aspx>>. Acesso em: 11 abr. 2015.

FELISBINO (Santa Catarina). **Produtos Cerâmicos.** 2012. Disponível em: <<http://www.ceramicafelisbino.com.br/index.php?id=produtoDetalhe&cod=41>>. Acesso em: 22 jun. 2015.

FERREIRA FILHO, Efren de Moura. **CONSTRUÇÃO COM SOLO CIMENTO.** 2012. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/semfaz/solocimento.htm>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

FIEMG. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica vermelha.** Belo Horizonte: Fiemg, 2013.

FIQUEROLA, Valentina. **Alvenaria de solo-cimento.** 2004. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/85/artigo286284-1.aspx>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

FUNTAC. **CARTILHA PARA PRODUÇÃO DE TIJOLO SOLO-CIMENTO.** 1999. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/bel85/producaodetijolosolocimento>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

FUPAM. **Orçamento, planejamento e custos de obras.** São Paulo: Fupam, 2008.

GALASSI, Cristiane; TAVARES, Célia Regina Granhen. **Processo produtivo de blocos cerâmicos.** Maringá: Visimepro, 2011.

GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. **Noções de orçamento e planejamento de obras.** São Leopoldo: Unisinos, 2008.

GRUPO DE DISCIPLINAS DE MATERIAIS EDIFICAÇÕES E AMBIENTE (Portugal). Universidade de Lisboa. **TIJOLO E SUA APLICAÇÃO AO LONGO DO TEMPO.** FAC Arquitetura de Lisboa. Lisboa, p. 1-26. 2006.

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. **Tecnologias, sistemas construtivos e tipologia para habitações de interesse social em reassentamentos.** Santa Catarina: Ufsc, 2013.

LPM MÁQUINAS (Rio Grande do Sul). **LPM Máquinas para Cerâmicas.** 2012. Disponível em: <<http://lpmmaquinas.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 09 abr. 2015.

MAQS. **Máquina e Construção.** 2014. Disponível em: <<http://www.maqs.com.br>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

MARCHIZELLI. **UM POUCO DE HISTÓRIA.** 2010. Disponível em: <<http://tijoloecologicoautentico.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras.** São Paulo: Pini, 2006.

MAZZAROTO, João. **Manual Prático.** Curitiba: Eco Produção, 2013. Disponível em: <www.ecoproducao.com.br>. Acesso em: 04 abr. 2015.

MIRANDA, Ciro. **Construir Barato.** 2013. Disponível em: <<http://www.construirbarato.com.br/>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

MOTTA, Jessica Campos Soares Silva. **Tijolo de solo-cimento: Análise das características.** Belo Horizonte: Unibh, 2014.

PAULUZZI. **Alvenaria estrutural**. 2010. Disponível em: <<http://www.pauluzzi.com.br/alvenaria.php?PHPSESSID=ccd0dd0c90aa9901b2a2e49d3182897c>>. Acesso em: 06 maio 2015.

PENTEADO, Priscilla Troib; MARINHO, Raquele Cruz. **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**. 2011. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PISANI, Maria Augusta Justi. **UM MATERIAL DE CONSTRUÇÃO DE BAIXO IMPÁCTO**. 2007. Disponível em: <http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/Número1/1_artigo_tijolos_solo_cimento.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2015.

PORTELA, Wagner. **Construindo e Ampliando com Tijolo Solo-cimento**. 2013. Disponível em: <http://www.tijolosolocimento.com.br/2013_07_01_archive.html>. Acesso em: 25 abr. 2015.

SAVI, Adriane. **CASA SUSTENTÁVEL: TIJOLO SOLO-CIMENTO**. 2012. Disponível em: <<http://tellus.arq.br/blog/casa-sustentavel-tijolo-solo-cimento>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Custo Unitário Básico (CUB/m²): Principais aspectos**. Belo Horizonte: SINDUSCON – MG, 2007. 112p.

SOARES, Roberto Arruda Lima; NASCIMENTO, Rubens Maribondo do. **O processo produtivo e a qualidade do produto cerâmico estrutural**. João Pessoa: Connepi, 2007.

TCU. **Obras Públicas: Novo Patamar de Qualidade - Custos Realistas**. São Paulo: Tcu, 2011.

UTL. **Tijolo e a sua aplicação ao longo do tempo**. Lisboa: Utl, 2006/2007.