



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ALESSANDRO CAMPOS

**PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL  
SEGUNDO A COORDENAÇÃO MODULAR E OS  
PRINCÍPIOS DO ECODESIGN**

---

LONDRINA – PR  
2009

ALESSANDRO CAMPOS

**PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL  
SEGUNDO A COORDENAÇÃO MODULAR E OS  
PRINCÍPIOS DO ECODESIGN**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção ao título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Morales

LONDRINA – PR  
2009

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

C198p Campos, Alessandro.

Projeto de habitação de interesse social segundo a coordenação modular e os princípios do ecodesign / Alessandro Campos. – Londrina, 2009.

128 f. : il.

Orientador: Gilson Morales.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, 2009.

Inclui bibliografia.

1. Habitação – Aspectos sociais – Teses. 2. Habitação – Resíduos sólidos urbanos – Teses. 3. Eco-arquitetura – Teses. I. Morales, Gilson. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento. III. Título.

CDU 728.222

ALESSANDRO CAMPOS

**PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL SEGUNDO A  
COORDENAÇÃO MODULAR E OS PRINCÍPIOS DO ECODESIGN**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção ao título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Gilson Morales  
Universidade Estadual de Londrina - UEL  
(Orientador)

---

Prof Dr. Antonio Carlos Zani  
Universidade Estadual de Londrina - UEL  
Depto de Arquitetura e Urbanismo -  
Universidade Estadual de Londrina UEL

---

Dr. Sergio Cirelli Ângulo  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas -IPT/SP.

Londrina, 01 de dezembro de 2009.

***A minha mãe que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos.***

***Ao meu pai (in memoriam)***

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar a possibilidade da vida.

Aos professores do Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina,

Ao Professor Dr. Gilson Morales pela seriedade e grandiosa colaboração na orientação deste trabalho, e também pelo seu apoio e incentivo.

Agradecimentos especiais à comissão examinadora, composta pelo Professor Dr. Antonio Carlos Zani e Dr. Sergio Cirelli Angulo.

A minha mãe, que sempre lutou e ajudou nos meus passos.

Aos meus amigos, que se mostraram grandes companheiros em todas as horas.

Aos meus colegas de turma Felipe, Leila, Márcia, Danilo e Leandra.

Aos órgãos públicos e entidades pela significativa contribuição.

À empresa de reciclagem SANTA CRUZ RECAPAGENS (Cambé - PR).

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

À todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

CAMPOS, Alessandro. **Desenvolvimento de um projeto de habitação de interesse social segundo a coordenação modular e os princípios do eco-design**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina - PR.

## RESUMO

A deficiência habitacional nas cidades brasileiras se tornou um dos maiores desafios urbanos, onde o crescimento desordenado dos centros urbanos nos últimos anos ocasiona grandes problemas sociais e ambientais. Poucas são as famílias que conseguem ter acesso à moradia com padrão de habitabilidade mínima. Outro problema relacionado às cidades são os resíduos sólidos urbanos, dentre os quais, os pneus inservíveis, e resíduos de pedra, alvo deste trabalho. Conforme constatado acerca das necessidades habitacionais e das preocupações com as questões ambientais, o contexto deste trabalho busca realizar o desenvolvimento de um processo modular para projeto arquitetônico, segundo os fundamentos da Coordenação Modular, utilizando também como partido, no ato de se projetar essas edificações, os princípios do Eco-Design. Foi adotada como medida modular o decímetro (10cm), também conhecido como módulo base, representado universalmente por "M". O projeto foi desenvolvido utilizando programas computacionais, plataforma AutoCad, possibilitando a visualização tanto dos blocos, como das fôrmas para execução destes blocos e finalmente para visualização e entendimento do projeto, uma maquete eletrônica da unidade habitacional. A preocupação do projeto da edificação e o uso de materiais não renováveis e seu desperdício, resultaram na proposta deste trabalho, utilizando as raspas de pneus e resíduos de pedra, visando a redução e desperdício de materiais. Os blocos foram produzidos com substituição de areia por raspas de pneus de 20% do seu volume, e adição de 5% finos ao volume de britas, tendo apresentado resultados satisfatórios, de acordo com a norma NBR 6136/2004 da ABNT.

**Palavras chave:** Habitação de interesse social. Eco-arquitetura. Resíduos sólidos urbanos. Concreto com raspas de pneus.

CAMPOS, Alessandro. **Development of a social housing project according to modular coordination and principles of eco-design.** 2009. Dissertation (Master's Degree in Engineering of Buildings and Sanitation) - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina - PR.

## **ABSTRACT**

The habitational deficiency in the Brazilian cities if became one of the biggest urban challenges, where the disordered growth of the urban centers in recent years causes great social and ambient problems. Few are the families who obtain to have access to the housing with standard of minimum habitability. Another problem related to the cities is the urban solid residues, amongst which, the inservíveis tires, and residues of quarry, target of this work. As evidenced concerning the habitacionais necessities and of the concerns with the ambient questions, the context of this work searches to carry through the development of a modular process for project architectural, according to beddings of the Modular Coordination, also using as left, in the act of if projecting these constructions, the principles of Echo. It was adopted as measured to modulate the decimeter (10cm), also known as I modulate base, represented universally for "M". The project was developed using computational programs, AutoCad platform, making possible the visualization in such a way of the blocks, as well as of the forms for execution of these blocks and finally for visualization and agreement of the project, an electronic mockup of the habitacional unit. The concern of the project of the construction and the use of materials you did not renew and its wastefulness, resulted in the proposal of this work, using scraps of tires and residues of quarry, aiming at the reduction and wastefulness of materials. The blocks had been produced with of sand substitution for scraps of tires of 20% of its volume, and addition of fine 5% to the volume of britas, where they had presented resulted satisfactory, in accordance with norm NBR 6136/2004 of the ABNT.

**Keys Word:** Urban habitation of social interest. Echo-architecture. Residues solid. Concrete with scraps of tires.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Vista do conjunto habitacional Aquiles Stenghel em Londrina/PR (1980).....	14
Figura 2 -	Unidade residencial típica do Conjunto Habitacional Aquiles Stenghel-Londrina/PR. (2006).....	15
Figura 3 -	Vista parcial da localização do Conjunto Habitacional Jamile Dequech -Londrina/PR (1992) .....	16
Figura 4 -	Unidade habitacional ampliada no Conjunto Habitacional Jamile Dequech -Londrina/PR.....	17
Figura 5 -	Casas no momento da entrega do Conjunto José Tavares .....	19
Figura 6 -	Vista atual das casas do conjunto José Tavares .....	19
Figura 7 -	Área de serviço (fundo da edificação).....	20
Figura 8 -	Planta de Cobertura e Implantação.....	20
Figura 9 -	Planta Baixa .....	21
Figura 10 -	Ampliação de uma residência no conjunto.....	22
Figura 11 -	Cerca divisã e ampliação de uma residência no conjunto.....	22
Figura 12 -	Banheiro.....	23
Figura 13 -	Recorte na alvenaria .....	23
Figura 14 -	Detalhe da Caixa d'água interna .....	23
Figura 15 -	Estrutura de cobertura.....	24
Figura 16 -	Ilustração das tipologias das esquadrias.....	25
Figura 17 -	Plantas baseadas em reticulados de colunas .....	33
Figura 18 -	Plantas baseadas em reticulados de colunas .....	33
Figura 19 -	Vão normal e de esquina na arquitetura grega .....	35
Figura 20 -	Casa grega de um pavimento, do ano de 448 a.C.....	36
Figura 21 -	As ordens gregas segundo Vinola .....	36
Figura 22 -	Cidade de Emona .....	37
Figura 23 -	Residência típica japonesa .....	40
Figura 24 -	Quadriculados modulares M, 3M e 24M.....	42
Figura 25 -	Componente em posição simétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência.....	47
Figura 26 -	Componente em posição assimétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência.....	47
Figura 27 -	Componente em posição lateral em relação à linha do quadriculado modular de referência.....	48
Figura 28 -	Adição e combinação de componentes modulares.....	49
Figura 29 -	Planta baixa modular a partir de blocos .....	50
Figura 30 -	Elevação de parede executada em alvenaria modular de blocos .....	51
Figura 31 -	Conjunto modular composto de peças e/ou produtos não modulares .....	52
Figura 32 -	Zona neutra na junta de dilatação.....	53
Figura 33 -	Zona neutra com blocos girados .....	53
Figura 34 -	Medida modular, medida nominal, junta modular e ajuste modular .....	54
Figura 35 -	Ajuste modular positivo .....	55
Figura 36 -	Ajuste modular negativo.....	56
Figura 37 -	Ajuste modular nulo.....	56
Figura 38 -	Descarte inadequado do pneu .....	62
Figura 39 -	Descarte inadequado do pneu, utilizado como dreno em aterro sanitário em Londrina - PR.....	63
Figura 40 -	Destinação do Pneu descartado .....	63
Figura 41 -	Reticulado modular espacial de referência .....	68
Figura 42 -	Borracha retida na peneira 4,76mm .....	70

Figura 43 - Borracha retida na peneira 0,59 mm .....	70
Figura 44 - Borracha passante na peneira 0,59mm .....	70
Figura 45 - Ensaio de resistência mecânica à compressão simples .....	73
Figura 46 - Ensaio de resistência mecânica por compressão diametral.....	73
Figura 47 - Fôrmas de madeira .....	75
Figura 48 - Tipos e dimensões dos blocos .....	77
Figura 49 - Tipos e dimensões das fôrmas dos blocos .....	78
Figura 50 - Modelos dos blocos em 3D .....	79
Figura 51 - Modelos das fôrmas em 3D .....	79
Figura 52 - Proposta do processo de produção em 3D .....	79
Figura 53 - Vista frontal das fôrmas em madeira do bloco "T" .....	80
Figura 54 - Vista superior das fôrmas em madeira do bloco inteiro.....	81
Figura 55 - Vista frontal das fôrmas em madeira do bloco inteiro.....	81
Figura 56 - Vista superior das fôrmas em madeira do meio bloco.....	81
Figura 57 - Vista lateral das fôrmas com concreto moldadas.....	82
Figura 58 - Desmoldagem dos blocos .....	85
Figura 59 - Reaproveitamento das fôrmas de moldagem.....	86
Figura 60 - Meio bloco.....	86
Figura 61 - Bloco "T" .....	87
Figura 62 - Encaixe dos blocos .....	87
Figura 63 - Gráfico da curva de tensão na ruptura dos corpos de prova cilíndricos à compressão.....	89
Figura 64 - Processo projetual circular .....	92
Figura 65 - Divisão das áreas setoriais .....	94
Figura 66 - Planta baixa do projeto base.....	95
Figura 67 - Planta lay-out do projeto base.....	96
Figura 68 - Planta de cobertura e implantação.....	97
Figura 69 - Elevação frontal .....	98
Figura 70 - Elevação do fundo .....	98
Figura 71 - Elevação corredor social .....	99
Figura 72 - Elevação corredor serviços .....	99
Figura 73 - Corte A-A .....	100
Figura 74 - Corte B-B .....	100
Figura 75 - Planta baixa (1ª ampliação) .....	101
Figura 76 - Planta lay-out (1a ampliação).....	102
Figura 77 - Planta cobertura (1a ampliação) .....	102
Figura 78 - Planta baixa (2a ampliação).....	103
Figura 79 - Planta lay-out (2a ampliação).....	103
Figura 80 - Planta cobertura (2a ampliação) .....	104
Figura 81 - Elevação fundo ampliada.....	105
Figura 82 - Elevação corredor social ampliada.....	105
Figura 83 - Elevação corredor serviço ampliada .....	106
Figura 84 - Detalhe da tubulação elétrica e hidráulica e "grauteamento" .....	106
Figura 85 - Viga baldrame .....	107
Figura 86 - Estrutura da casa .....	107
Figura 87 - Viga de amarração.....	108
Figura 88 - Execução das platibandas e volume da caixa d'água .....	108
Figura 89 - Instalação dos caibros de sustentação do telhado.....	109
Figura 90 - Instalação das telhas.....	109
Figura 91 - Execução da ampliação com estrutura de telhado.....	110
Figura 92 - Proposta com ampliação de um dormitório .....	110
Figura 93 - Ampliação completa.....	111
Figura 94 - Proposta da casa com duas águas .....	112
Figura 95 - Proposta da casa com duas águas coberta .....	112
Figura 96 - Proposta da casa com duas águas com ampliação .....	113

Figura 97 - Proposta da casa com duas águas coberta .....	113
Figura 98 - Proposta da casa com quatro águas.....	114
Figura 99 - Proposta da casa com quatro águas coberta.....	114
Figura 100 - Proposta da casa com quatro águas ampliada .....	115
Figura 101 - Proposta da casa com quatro águas ampliada e coberta .....	115
Figura 102 - Proposta da residência sem reboco na estrutura.....	116
Figura 103 - Proposta da residência com reboco, pintura e janela frontal.....	117
Figura 104 - Proposta da residência com duas águas .....	118
Figura 105 - Proposta da residência com duas águas .....	118

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Informações do padrão de construção das unidades habitacionais do Conjunto Habitacional Aquiles Stenghel em Londrina/PR .....	15
Tabela 2 -	Informações do padrão de construção das unidades habitacionais do Conjunto Habitacional José Jamile Dequech em Londrina/PR .....	17
Tabela 3 -	Informações do padrão de construção das unidades habitacionais do Conjunto Habitacional Jose Tavares em Campo Grande/MS.....	18
Tabela 4 -	Tipologias das esquadrias utilizadas no Assentamento Rural de Pirituba II em São Carlos/SP.....	26
Tabela 05 -	As medidas modulares romanas.....	38
Tabela 6 -	Traço dos concretos analisados para 06 corpos de prova.....	71
Tabela 7 -	Valores de fck para blocos de concreto .....	75
Tabela 8 -	Valores nominais de medidas para blocos de concreto .....	76
Tabela 9 -	Abatimento do cone .....	83
Tabela 10 -	Valores da massa específica ( $\delta$ ) dos concretos.....	84
Tabela 11 -	Resultados obtidos nos testes de compressão simples em corpos de prova cilíndricos.....	85
Tabela 12 -	Resultados obtidos nos testes de tração por compressão diametral em corpos de prova cilíndricos.....	85
Tabela 13 -	Resultados obtidos nos testes de compressão simples em corpos de prova dos blocos de concreto.....	88
Tabela 14 -	Dados dos conjuntos habitacionais em Londrina - PR nos últimos 25 anos .....	94

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>1 DELIMITAÇÃO DO ASSUNTO</b> .....	01
1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA.....	05
1.2 OBJETIVOS.....	06
1.2.1 Geral.....	06
1.2.2 Específicos .....	06
1.3 JUSTIFICATIVA.....	07
1.4 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO .....	10
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
2.1 HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL.....	11
2.2 CONJUNTOS HABITACIONAIS.....	14
2.2.1 Conjunto Habitacional Aquiles Stenghel.....	14
2.2.2 Conjunto Habitacional Jamile Dequech .....	16
2.2.3 Conjunto Habitacional José Tavares .....	18
2.2.4 Componentes de fechamentos de habitações de interesse social .....	24
2.3 COORDENAÇÃO MODULAR .....	26
2.3.1 Conceituação.....	26
2.3.2 Objetivos da coordenação modular .....	28
2.3.3 Histórico sobre a coordenação modular .....	30
2.3.3.1 Gregos.....	34
2.3.3.2 Romanos .....	37
2.3.3.3 Japoneses .....	39
2.3.4 Definições.....	40
2.3.4.1 Coordenação modular .....	41
2.3.4.2 Instrumentos da Coordenação Modular.....	41
2.3.4.3 Módulo básico (M) .....	41
2.3.4.4 Quadriculado modular de referência ou malha modular .....	42
2.3.4.5 Sistema modular de medidas .....	43
2.3.4.6 Multimódulos.....	43
2.3.4.7 Submódulos.....	44

2.3.4.8 Reticulado Modular Espacial de Referência ou Sistema de Referência..	44
2.3.4.9 Quadrículado modular de referência	45
2.3.4.10 Junta de projeto	45
2.3.4.11 Zona neutra	45
2.3.4.12 Plano modular de referência (PMR)	45
2.3.5 Projeto modular	46
2.3.5.1 Posição dos componentes em relação ao quadriculado modular de referência	46
2.3.5.2 Posição simétrica	46
2.3.5.3 Posição assimétrica	47
2.3.5.4 Posição lateral	48
2.3.5.5 Componentes modulares	48
2.3.5.6 Conjuntos de peças e/ou produtos não modulares	51
2.3.5.7 Zona neutra	52
2.3.5.8 Ajuste modular	54
2.3.5.9 Ajuste modular positivo	55
2.3.5.10 Ajuste modular negativo	55
2.3.5.11 Ajuste modular nulo	56
2.3.5.12 Sistema de números preferenciais	56
2.4 ECO-DESIGN	57
2.4.1 Qualidade ambiental (QE) e/ou alta qualidade ambiental (HQE)	59
2.5 RECICLAGEM DE RESÍDUOS	60
2.5.1 A destinação dos pneus usados	63
2.5.2 Reaproveitamento de pneus	64
2.5.3 Adição de borracha no concreto	64
2.5.4 Bloco de concreto com adição de borracha e finos de basalto	65
<b>3 METODO DO TRABALHO</b>	<b>67</b>
3.1 O MÓDULO	67
3.2 PRODUÇÃO DO CONCRETO COM BORRACHA	69
3.2.1 Materiais e métodos	69
3.2.2 Raspas de pneus	69
3.2.3 Amostras do concreto	71

3.2.4	Traço.....	71
3.2.5	Produção do bloco de concreto com borracha.....	72
3.2.6	Ruptura .....	72
3.2.7	Ensaio de absorção .....	74
3.3	PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO .....	74
3.3.1	Materiais e métodos .....	74
3.3.2	Medidas dos blocos.....	75
3.3.3	Fôrmas dos blocos .....	77
3.3.4	Moldagem dos blocos.....	82
3.4	RESULTADOS .....	83
3.4.1	Trabalhabilidade .....	83
3.4.2	Massa específica do concreto.....	84
3.4.3	Resistência à Compressão .....	84
3.4.4	Análise dos resultados.....	88
<b>4</b>	<b>PROPOSTA DA UNIDADE HABITACIONAL .....</b>	<b>91</b>
4.1	DEFINIÇÃO PROJETUAL.....	91
4.2	CONCEPÇÃO E PROPOSTA.....	93
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES .....</b>	<b>120</b>
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	120
5.2	O PROJETO.....	120
5.3	A RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS .....	121
5.4	CONCRETOS COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS RECICLADOS.....	122
5.5	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	123
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>124</b>

## **INTRODUÇÃO**

### **1. DELIMITAÇÃO DO ASSUNTO**

A busca por projetos sustentáveis na arquitetura direcionou a proposta deste trabalho, que visa apresentar um modelo habitacional de projetos de edificação para habitação de interesse social baseado na coordenação modular, conforme os princípios da ecoarquitetura, buscando alcançar um resultado com qualidade similar, ou com o mesmo nível de qualidade das edificações convencionais.

Segundo o Ministério das Cidades (Brasil - 2004), o problema habitacional no Brasil demonstra que mais de sete milhões de famílias necessitam de habitações, sem contar com aproximadamente 10 milhões de domicílios com problemas de infra-estrutura básica.

As características da sociedade brasileira de desigualdades sociais e de concentração de renda manifestam fisicamente os espaços segregados das cidades. Talvez as carências habitacionais constituam o maior problema, que é a falta de moradia digna para população mais carente, correspondente à 78% do déficit habitacional brasileiro, ocorrendo principalmente nas regiões metropolitanas (PEREIRA, 2005).

Como fruto desse processo, o Ministério das Cidades (Brasil - 2004) apresenta a proposta da nova Política Nacional de Habitação (PNH). Nela são expostos os princípios, os objetivos gerais e as diretrizes, bem como a descrição de seus componentes e instrumentos, além das estratégias para viabilizar a meta principal da política, que é promover as condições de acesso à moradia digna, integrada à cidade, em especial para a população de baixa renda.

No contexto atual da implantação de núcleos habitacionais, percebe-se a ausência de infra-estrutura urbana e saneamento ambiental, sendo que outro grande problema atual, relacionado à qualidade de vida nas cidades, é a geração dos resíduos sólidos urbanos, seja pelo desperdício nas obras, pelos resíduos gerados em demolições ou os outros tipos de indústrias. Depositados em

terrenos baldios, ruas de periferias ou qualquer outra espécie depósitos clandestinos, ocasionam problemas como enchentes, poluição visual, proliferação de doenças, podendo alcançar córregos e leitos de rios, por meio das águas das chuvas nas encostas ou por galerias pluviais, comprometendo a qualidade das águas e o desenvolvimento da vida aquática.

Segundo Sattler (2007), a preocupação com os danos causados pelo homem, a sua reparação, assim como a criação de projetos para reduzir o impacto ambiental, recentemente adquiriram maior influência nas propostas de edificações. E a partir desta preocupação com certos aspectos ambientais, termos como sustentabilidade, onde outras denominações para o mesmo tema, como desenvolvimento sustentável, arquitetura sustentável, construções sustentáveis, permacultura, entre outros, estão sendo utilizados, na maioria das vezes, sem que se tenha conhecimento do que representam. Desta forma, sente-se a necessidade de esclarecer o significado destes conceitos.

E uma proposta para ser considerada ecoeficiente, deve ser economicamente viável e socialmente atrativa, considerando também os impactos ambientais, que possam ocorrer e o consumo de materiais procedentes de fontes renováveis e a emissão de CO<sub>2</sub>, o que a torna ecologicamente correta.

Entende-se por ecoarquitetura, conforme Adam (2001), uma linha que aponta para a possibilidade de conciliar ecossistema com a produção e operação do edifício, resultando no ecoedifício. O compromisso do ecoedifício é contextualizar, urbanisticamente e arquitetonicamente as recentes descobertas científicas, juntamente com as tradições milenares, sendo considerado um conceito dinâmico e progressivo de qualificação, que integra o indivíduo, o edifício e os ecossistemas, permitindo que todos se integrem harmonicamente, sendo os impactos ambientais de extrema importância para soluções nos projetos voltados para a “Nova Arquitetura”.

Arquitetos e engenheiros devem atentar para a importância das questões ambientais e as incorporarem aos elementos necessários nos projetos, tornando-os ambientalmente corretos, pois a proposta deve ser desenvolvida por uma equipe multidisciplinar integrada, diferente do método tradicional linear de trabalho, onde se concebe o projeto arquitetônico, para depois seguir até os profissionais dos projetos complementares, onde posteriormente compatibilizam estes projetos.

Este novo processo passa a ser circular, onde todos os envolvidos contribuem para o sucesso do empreendimento desde o início.

Esta “Nova Arquitetura” está sendo considerada neste trabalho, no qual existe uma preocupação ecológica, tanto na utilização de materiais recicláveis, quanto nas idéias de ecoedifício, juntamente com o projeto desenvolvido segundo a coordenação modular. Por outro lado, os materiais empregados têm grande peso na decisão dos profissionais da área nos países em desenvolvimento, onde a arquitetura tem importante papel na relação homem/meio ambiente.

Assim, novas soluções devem ser analisadas frente à preocupação com a redução de perdas e desperdícios, através da racionalização da proposta, como também com o destino de resíduos sólidos que possam ser gerados, causadores de impactos ambientais.

Hoje, utilizar a ecotécnica, ou a ecoconstrução, é adotar um trabalho sistemático que considere o projeto, execução, escolha de produtos, assim como sua manutenção e demolição, sendo que é necessário implantar uma técnica de produção tomando cuidado em atender os princípios do ecodesign e do desenvolvimento sustentável (MORALES et al, 2006)

Projetar com maior eficiência significa adotar e utilizar as técnicas regionais integradas aos materiais disponíveis, reduzindo o impacto ambiental, de forma que os sistemas construtivos se fundam para que a criação de edificação se incorpore aos ecossistemas, num processo mútuo de interatividade, gerando empregos e minimizando o transporte destes mesmos materiais.

Lengen (2004) afirma que uma ecotécnica faz uma determinada comunidade independente de indústrias de outros locais, como por exemplo, a produção de blocos cerâmicos que utiliza argila local e gera empregos aos habitantes desta região. Neste caso, para a obra avançar, é importante saber usar as máquinas e quem irá manuseá-las, organizando ferramentas, materiais e mão-de-obra para se ter um uso intensivo, sendo que nas pequenas comunidades, as pessoas, sendo bem orientadas, podem se organizar em mutirão para construir. Esta racionalização de tarefas e serviços possibilita o aproveitamento do potencial da comunidade envolvida.

Para Mamede (2001), racionalizar a construção é o processo que torna possível otimizar os recursos humanos, materiais, organizacionais,

financeiros e tecnológicos, buscando atingir objetivos nos planos de desenvolvimento, de acordo com a realidade socioeconômica regional.

Esta visão deve estar presente em todas as fases do processo, desde os conceitos iniciais, o projeto e a produção da edificação. Os cuidados para se garantir que a racionalização da construção atinja o nível de produtividade esperado, devem ser tomados já na etapa do projeto, o que, nesta proposta, será possível por meio da modulação. A coordenação modular consiste em um sistema para qualificar a construção, justificada pelos preceitos econômicos e sustentáveis.

Baldauf (2004), ao propor a coordenação modular, se preocupou com a redução dos custos nas etapas do processo construtivo, decorrente da otimização do uso dos materiais, da agilidade no processo projetual e das compras dos componentes, uma vez que a coordenação modular traz melhor aproveitamento de componentes construtivos, a otimização do consumo de matérias primas, a redução do consumo energético e de materiais e componentes, aumentando a produtividade e reduzindo as perdas.

Desta forma, os materiais a serem empregados serão definidos a partir do modelo proposto, com base nos moldes internacionais de modulação e segundo normas da ABNT e pesquisas realizadas anteriormente em outros trabalhos.

Estas diretrizes são consideradas neste trabalho, o qual propõe a utilização de blocos de concreto utilizando raspas de pneus e resíduos de britagem de basalto, uma vez que a maior parte dos pneus descartados é abandonada em locais inadequados e os resíduos de pedreiras não apresentam alternativas eficazes de utilização. Em decorrência deste problema, pensou-se na sua utilização para produção de concreto para fabricação do bloco modular. Esta alternativa se baseia na apresentação de uma proposta de solução para problemas ambientais, seguindo os princípios da sustentabilidade.

A reciclagem adequada consiste em reutilizar determinado rejeito de forma útil e economicamente viável, e que a utilização de rejeitos vem de encontro às preocupações com relação ao passivo ambiental gerado por resíduos sólidos urbanos, economizando recursos naturais (MARTINS 2004).

Quanto à coordenação modular aplicada a este trabalho, pretende-se com a mesma determinar o modelo mais adequado para se utilizar na modulação do projeto arquitetônico de habitações de interesse social. Para a

definição do modelo ideal será trabalhado, através de simulação gráfica, um modelo de edificação a partir de casa térrea, podendo ser ampliada.

A expectativa da proposta é facilitar a execução destas edificações com a compatibilização de projetos e de materiais empregados, utilizando materiais provenientes da reciclagem de resíduos sólidos urbanos.

A presente pesquisa tem a intenção de colaborar com os esforços em busca do desenvolvimento até então apresentadas na indústria da construção civil no país, levantando novamente a questão da coordenação modular como sendo uma alternativa eficaz para que vários problemas sejam solucionados, do projeto dos componentes à manutenção das edificações.

## 1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A degradação do meio ambiente, somada ao déficit habitacional brasileiro, requer uma busca de soluções tecnológicas para a habitações de interesse social, agregando melhores condições de moradia e economia.

Para atender as necessidades habitacionais e minimizar o problema de poluição ambiental, propõe-se um estudo da viabilidade de emprego de um processo projetual de arquitetura modular, seguindo a coordenação modular, utilizando materiais recicláveis para a construção de habitação de interesse social.

A proposta inclui a indicação de procedimentos e recomendações para a produção das unidades habitacionais, seguindo as diretrizes da sustentabilidade e visando uma melhora para o futuro e o meio ambiente, e a indicação de um tipo de bloco produzido com resíduos.

O sistema construtivo proposto visa, através de decisões projetuais simples, melhorar o desempenho e a durabilidade da edificação.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é propor um projeto de habitação de interesse social utilizando um sistema construtivo segundo os princípios da coordenação modular, seguindo padrões internacionais de modulação e respeitando as diretrizes do ecodesign.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as necessidades habitacionais e levantar as diretrizes para habitação de interesse social;
- Definir e propor um sistema construtivo adequado ao sistema de autoconstrução, racionalizando o uso dos materiais e tempo gasto na execução;
- Desenvolver um sistema modular segundo os princípios da coordenação modular, para racionalizar o uso dos materiais e o tempo gasto na execução da construção e na montagem modulada da edificação;
- Estabelecer etapas e procedimentos do projeto, seqüência de execução, compatibilizando processos de instalações;
- Indicar diretrizes para minimizar desperdícios de tempo na execução da obra, aumentando a produtividade no canteiro de obras;
- Utilizar material que contemple o uso de resíduos sólidos urbanos, minimizando o impacto ambiental, com menor uso de recursos naturais não renováveis.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Na construção civil, as edificações de alvenaria convencional de um modo geral, utilizam na maioria das obras materiais como areia, cimento, cal, tijolos cerâmicos, blocos de concreto e cerâmico que, somados entre si, resultam em componentes para estrutura e vedação de uma edificação. Há também a utilização de outros tipos de materiais com outras finalidades, como as madeiras, utilizadas como escoras, estruturas de apoio e outros usos temporários, gerando resíduos.

Por este motivo, a intenção do presente trabalho é explorar os materiais provenientes de resíduos sólidos urbanos (RSU), racionalizando o projeto com a coordenação modular. A utilização do processo modular, por meio do qual se busca menor desperdício de tempo e materiais, incentiva a prática do princípio da arquitetura ecológica.

Os resíduos, por serem um problema para a sociedade devido ao seu despejo indevido, causam sérios problemas, como a poluição do ar, transtornos no transporte urbano, disseminação de pragas e contaminação ambiental. Daí a importância de destiná-los adequadamente, sendo aqui apresentado através da reciclagem.

O processo de utilização dos reciclados de pneus e seu aproveitamento na execução de habitação de interesse social, diminui o volume destes resíduos nos aterros e colabora com a busca de solução para a moradia. Resulta em melhorias para a sociedade, não só em relação a problemas habitacionais, mas também na preservação do ecossistema e dos recursos naturais e do meio urbano, sendo aplicado o processo de produção de blocos de concreto utilizando materiais provenientes da reciclagem de pneus e de resíduos de pedreiras.

E o uso da modulação busca maior agilidade e limpeza da obra, com peças otimizadas em blocos e modulação pré-determinada, possibilitando a facilidade de execução devido aos encaixes dos mesmos.

Com isto, se diminui o impacto ambiental devido à maior produtividade e aproveitamento de matéria prima e menor geração de resíduos de construção e demolição (RCD), minimizando o custo final da obra.

Trindade (2007), concluiu que a partir de testes de concreto produzido com raspas de pneus, estes apresentaram importante potencial de aplicação em certas áreas da construção civil, como um material adequado para calçadas, blocos sextavados, blocos de concreto, pavimentos rígidos, entre outros, sendo que o uso de resíduos se faz importante no contexto de sustentabilidade, minimizando o impacto ambiental provocado pela construção civil.

A idéia de construção sem agredir o meio ambiente, com princípios da sustentabilidade, vem sendo discutida nas últimas décadas, e resultou em conceitos que já vêm sendo implementados como, por exemplo, as estações de tratamento de água e esgoto em empreendimentos imobiliários, a reciclagem do lixo e a diminuição do entulho e das perdas durante a obra. Diversos estudos e várias obras já foram executados segundo o conceito da arquitetura sustentável. E a idéia, por trás da arquitetura sustentável, é interferir o mínimo possível no meio ambiente, durante todas as fases de uma construção.

Os materiais utilizados devem ser oriundos de fontes renováveis, e sua produção deve ser ecológica, ou seja, a construção em si não deve poluir, e o tanto quanto possível, os ambientes criados devem interferir o mínimo no entorno.

E embasado no conceito ecológico, a edificação pode dispor de captação da água da chuva, possuir seu próprio sistema de tratamento de esgoto, de ventilação e iluminação natural por meio de aberturas de esquadrias e também do uso de materiais que possibilitem melhor eficiência energética da habitação.

Os aspectos teóricos da sustentabilidade serão aplicados no desenvolvimento do projeto da habitação proposto neste trabalho, sendo que a praticidade da edificação, para maior conforto do usuário no cotidiano, é um fator determinante.

Para Miguel (2003), o conceito “casa” destina-se a um edifício, ou parte dele, para habitação humana. Trata-se de um objeto construído para uso familiar, onde as relações do plano físico e as trocas de emoções de seus moradores possam fazer desta edificação um lar.

O profissional, ao projetar uma casa, busca adequá-la a uma relação de vida familiar, mas a casa é um objeto inerte, que não estabelece valores de uso, mas que pode promover ou favorecer a convivência e o entrosamento familiar.

A execução das edificações de baixo custo, segundo a coordenação modular, visa à sistematização do processo de construir. Segundo Pereira (2005), a modulação é definida como uma ferramenta usada na compatibilização dimensional dos espaços de uma edificação, sendo que, na construção civil, este conceito envolve uma gama de considerações, como por exemplo, o número de componentes, montagem e execução e a forma de conciliar estes componentes no projeto.

O presente trabalho, não apenas visa o desenvolvimento de um sistema construtivo de baixo custo, como também propõe recomendações técnicas de execução do sistema construtivo. Por isto, o uso de um sistema modular com padrões internacionais de modulação, busca aumentar a produtividade no próprio canteiro de obras e diminuir a geração de resíduos sólidos das obras, uma vez que as construções podem ser coordenadas por profissionais usando materiais e tecnologias sustentáveis, podendo ser fabricados em escala, preservando a qualidade do produto e o meio ambiente.

Devido a estes fatores, a intenção do trabalho é usar além dos materiais convencionais para argamassas e concretos, materiais provenientes de descarte, como as raspas dos pneus e os resíduos de pedreiras. E a pré-fabricação dos componentes é um recurso importante para a construção deste sistema de execução da habitação, com a padronização e a modulação sendo adotadas como diretrizes primordiais.

Isto possibilitará a racionalização do uso dos materiais e do tempo gasto na execução da construção, com a montagem modulada da estrutura da obra, viabilizando as ligações e encaixes entre vigas e pilares que, além de melhorarem o tempo de execução no canteiro de obras, diminui o gasto excessivo de materiais, pois o uso inadequado destes materiais gera perdas e desperdícios.

Busca também maior limpeza no canteiro, em se tratando do quesito de responsabilidade de desperdício de materiais de construção, a partir da primeira empreitada na execução da obra, facilitando a observação das perdas e do desperdício de materiais, antes não notados.

O trabalho proposto pretende incorporar mais uma proposta aos sistemas de construção já existentes no que se refere à construção para habitação de baixo custo.

Incrementada com a possibilidade de novas técnicas, a partir das quais espera-se que os resultados obtidos possam ser úteis à população, profissionais da construção civil e órgãos públicos, explicitando algumas dúvidas sobre a utilização de materiais reciclados na elaboração e produção de programas habitacionais, e também aos pesquisadores, professores e fabricantes de componentes de materiais de construção, incentivando a produção de moradias utilizando técnicas com a aplicação de materiais reciclados.

#### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

Esta dissertação foi organizada em seis capítulos, enfocando a questão ambiental e na modulação a partir dos componentes que caracterizam a formação de sistemas construtivos na habitação de interesse social.

O Capítulo 1 apresenta uma introdução do assunto em estudo, o problema de pesquisa, o objetivo, a justificativa do tema escolhido e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão de literatura sobre os temas referentes à coordenação modular, abordando como foco a geometria dos componentes e seus sistemas. São abordados também os resíduos sólidos urbanos, seus problemas e possíveis aplicações na construção civil e, finalizando o capítulo, uma pesquisa exploratória sobre ecodesign e seus princípios. Uma visão da racionalização na concepção da construtibilidade, com ênfase no conceito sustentável, encerra este capítulo.

O Capítulo 3 é referente ao método adotado no trabalho, com as técnicas aplicadas para a coleta e análise de dados e os experimentos referentes aos compostos de concreto propostos na fabricação dos blocos.

O Capítulo 4 apresenta a proposta da unidade habitacional, os resultados obtidos da aplicação do método proposto e a análise correspondente a estes resultados.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões do presente trabalho e as considerações referentes ao método e sugestões para trabalhos futuros.

O Capítulo 6 apresenta as referências bibliográficas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica aborda temas sobre a coordenação modular, os resíduos sólidos urbanos, seus problemas e possíveis aplicações na construção civil para habitações de interesse social, e também assuntos como ecodesign e seus princípios.

### 2.1 HABITACÃO DE INTERESSE SOCIAL

A questão habitacional no Brasil, continua sendo um tema da maior importância, devido à qualidade de produção das edificações e do sistema da política pública mostrada até o presente momento, somado ao crescimento do déficit de habitações de interesse social.

Conforme Pinheiro *apud* Cohapar (2009), de acordo com dados do censo de 2000, o Paraná possui 2.672.180 domicílios particulares permanentes. Embasado nestes números, o déficit habitacional no Paraná, segundo a Fundação João Pinheiro (MG), é de 260.648 domicílios, sendo 229.069 urbanos e 31.579 rurais, sendo que o déficit relativo do estado é de 9,8%.

Conforme Miguel (2003), um projeto de habitação social, ou coletiva, tem que ser produzido de modo distinto, uma vez que as famílias que irão ocupar as edificações terão características particulares, devendo ser aplicado uma proposta imparcial, para que os futuros moradores possam ter facilidades de adaptações, conforme a sua necessidade específica.

Laverde (2007) afirma que nas últimas décadas, discussões a respeito de sistemas de produção habitacional buscam novas tecnologias e formas de gestão, influenciadas pela autoconstrução e pelas questões ambientais, onde se destaca o trabalho de profissionais que buscam melhores condições de moradia, com atuações diferenciadas dentro de cada contexto específico. Para isto é necessário que, além do desenvolvimento de tecnologias na solução das demandas sociais, sejam criados mecanismos para sua aplicação em grande escala.

Ainda Laverde (2007) afirma que podem ser utilizados sistemas de execução de empreendimentos que considerem praticas como a “autogestão” e a “autoconstrução”.

A autogestão possui como lógica os conceitos inversos à lógica da empresa convencional, causando dificuldades de adaptação por parte das pessoas envolvidas no empreendimento, exigindo um novo processo de aprendizado que se dá cotidianamente, uma vez que esta pressupõe uma participação ativa dos envolvidos em todas as etapas do planejamento.

Não apenas uma participação econômica, mas também participação política nas decisões que afetam as condições de trabalho e renda dos trabalhadores, de modo que o trabalhador possa ser capaz de atuar tanto no contexto econômico como político do empreendimento.

Já a autoconstrução é uma ferramenta para utilização na execução da maioria dos tipos de sistemas construtivos, podendo ser ou não autogerenciada, onde cabe ainda ser executadas as tarefas ao se edificar uma residência, sendo este poder ser também no sistema de mutirão.

A fim de garantir padrão de qualidade aceitável de mão de obra, bem como manter o interesse e o entusiasmo necessários para enfrentar as possíveis demoras, é necessário preparar as pessoas envolvidas por meio de treinamento. Não basta o empreendimento ser de cooperados e nem adotar-se a autogestão, mas é necessário que se disponha de conhecimentos técnicos apropriados para sucesso do empreendimento.

Conforme Lengen (2004), a autoconstrução é um processo através do qual uma família pode construir sua própria casa sem muita dificuldade. No caso de operações em geral e, particularmente nas mais complexas, como levantar a estrutura de um telhado, deve-se obter ajuda de profissionais específicos.

Segundo Martinez (1987), em seu trabalho “A Tecnologia Alternativa, Habitação Evolutiva ou Projeto Participativo”, a operação de construção de uma unidade habitacional é o resultado parcial de um conjunto de preocupações e propostas. E o ato de se projetar não deve ser isolado, privado, realizado para terceiros, num círculo fechado, sendo uma ação coletiva, na qual arquitetos, engenheiros e usuários se relacionem entre desenho e canteiro em harmonia.

Em seu trabalho, Martinez (1987) emprega o desenho para resgatar a dignidade da casa do trabalhador, pois acredita que, para se eliminar

déficits habitacionais, foi perdido este objetivo, transformando o projeto em instrumento utilitário, resultado da busca de uma qualidade duvidosa quantificada pelo salário e renda da família.

A contribuição de Miguel (2003) para este trabalho é a afirmativa de que a casa representa proteção, interiorização, ou seja, sentimento de segurança, elementos primordiais para que o indivíduo adquira forças para enfrentar as dificuldades cotidianas, sendo que a casa tem um relacionamento interativo com o homem, que a transforma numa extensão do seu próprio corpo, passando a assumir uma dimensão simbólica.

Um dos maiores problemas da habitação na periferia das cidades, particularmente, é a informalidade, já que uma grande parcela da população não tem acesso à moradia por não possuir renda suficiente para custear aluguel ou comprar um imóvel, tornando-se, assim, os executores de suas moradias. O déficit é um dos sintomas mais significativos de exclusão social. E este problema não acontece de forma isolada, desencadeando em outros problemas como subnutrição, baixos níveis de escolaridade e desemprego.

Devido ao êxodo rural, as cidades passaram a receber um contingente elevado de trabalhadores com baixo poder aquisitivo, e para a população que migrou, a falta de emprego e o acesso aos programas oficiais de moradia agravaram a necessidade de uma solução para as questões de habitação, saúde e serviços de infra-estrutura.

Conforme Martins (2007), a Companhia de Habitação de Londrina (Cohab-Ld) se propôs estudar a demanda da habitação na cidade, planejar e executar soluções em conjunto com outros órgãos federais, estaduais e municipais, evidenciando o nível de organização e articulação política da cidade.

Ainda afirma que a maioria dos conjuntos habitacionais de Londrina não possuía infra-estrutura na entrega das chaves.

Mediante pressão popular, a Prefeitura Municipal de Londrina acabava disponibilizando nestes conjuntos o asfalto, esgoto, escolas, creches e centro comunitários, sendo que, na maior parte das vezes, as unidades habitacionais não satisfaziam as necessidades imediatas das famílias, haja visto que os conjuntos eram caracterizados apenas pela presença das unidades residenciais, sendo a única alternativa para grande parte da população.

## 2.2. CONJUNTOS HABITACIONAIS

Com a finalidade de buscar referência e analisar características de conjuntos habitacionais como a proposta no presente trabalho pretende alcançar, são apresentados dois conjuntos habitacionais na cidade de Londrina e um conjunto habitacional na cidade de Campo Grande – MS.

Nos conjuntos habitacionais apresentados a seguir, percebem-se mudanças em função do período de execução, uma vez que nestes períodos, o processo de construção destes conjuntos habitacionais apresentou diferentes padrões de qualidade, tamanho da unidade e localização. Isto representou uma forma de entender a evolução do processo de ampliação e adaptação das unidades habitacionais.

### 2.2.1 Conjunto habitacional Aquiles Stenghel – Londrina – PR.

Construído em 1979 através da Cohab-Ld, o Conjunto Habitacional Aquiles Stenghel, demonstrado na figura 1, possuía 1.000 unidades habitacionais. Foi o pioneiro dos grandes conjuntos construídos na cidade, com área média de 36,32m<sup>2</sup> das casas, edificadas em alvenaria com estrutura em concreto armado, sendo parte coberta por telhas de barro e outra por telhas de fibrocimento (MARTINS, 2007).



**Figura 1** – Vista do Conjunto Habitacional Aquiles Stenghel em Londrina/PR (1980).  
**Fonte:** Martins (2007).

A tabela 1 apresenta as informações das unidades habitacionais, com dados sobre numero de dormitórios, materiais de acabamento, metragem, assim como a quantidade destas unidades habitacionais.

**Tabela 1** – Informações do padrão de construção das unidades habitacionais do Conjunto Habitacional Aquiles Stenghel em Londrina/PR.

PADRÃO	NUNMERO UNIDADES	NUMERO DORMIT.	NÚMERO COMODOS	TELHADO	FORRO PINUS	PISO	AREA (m <sup>2</sup> )
LD23	150	0	2	FIBROCIMENTO	NÃO	CIMENTO	23,04
LD23	180	0	2	TELHA DE BARRO	NÃO	CIMENTO	33,00
LD23	390	2	5	TELHA DE BARRO	SIM	CIM / MAD	38,42
LD23	280	3	6	TELHA DE BARRO	SIM	CIM / MAD	43,01

**Fonte:** Adaptado de Martins (2007).

Com estes dados, nota-se que 15% das unidades habitacionais foram construídas no padrão LD 23, compostas por 2 cômodos, com área total construída de 23,04m<sup>2</sup>; 18% no padrão LD 33 apresentando 2 cômodos e 33 m<sup>2</sup>; 39% no padrão LDN 2:38 com 2 dormitórios, totalizando 5 cômodos e 38,42 m<sup>2</sup> de área construída e 28% no padrão LDN 3:43 com 3 dormitórios, totalizando 6 cômodos e 43,01 m<sup>2</sup>.

A figura 2 apresenta uma casa padrão em seu estado original, no Conjunto Aquiles Stenghel.



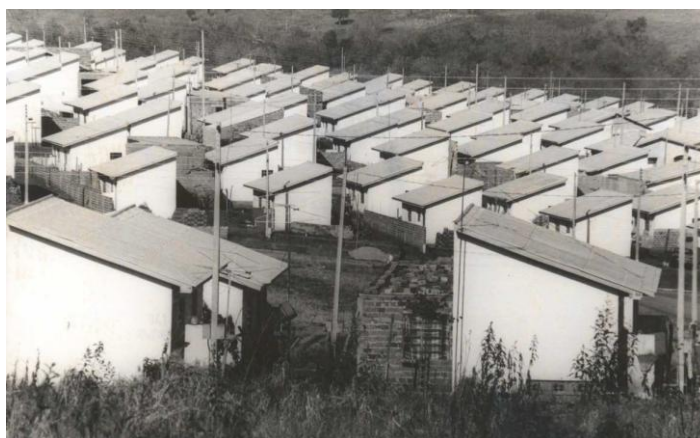
**Figura 2** – Unidade residencial típica do Conjunto Habitacional Aquiles Stenghel-Londrina/PR (2006).

**Fonte:** Martins (2007).

### 2.2.2 Conjunto Habitacional Jamile Dequech

Construído em 1992, o Conjunto Habitacional Jamile Dequech foi realizado através da Cohab-Ld com recursos provenientes da CEF, contendo 393 unidades habitacionais, com área de 21,17 m<sup>2</sup>.

Na figura 3, observa-se uma vista parcial do conjunto, quando da entrega aos moradores, área até então de uso rural, localizada no extremo sul de Londrina, às margens da Rodovia PR 445, saída para Curitiba.



**Figura 3** – Vista parcial da localização do Conjunto Habitacional Jamile Dequech – Londrina/PR (1992).

**Fonte:** Martins (2007).

Ao contrário do outro conjunto apresentado, neste há apenas um padrão de unidade habitacional.

O padrão de qualidade construtiva do conjunto é inferior comparada ao conjunto Aquiles Stenghel, em vista de não apresentar divisórias internas, muros, calçadas e asfalto. Conforme os dados apresentados na tabela 2, as unidades foram construídas no padrão COHAB-LDA apresentando somente 1 cômodo, com apenas 21,17m<sup>2</sup>.

Devido ao tamanho das residências, a maioria dos moradores realizou algum tipo de reforma, sendo que realizou 77,8% aumentos consideráveis em suas casas, 14,6% pôde realizar um pequeno aumento, encostando a casa ao muro, e, somente 7,6% ainda mantém sua casa original (MARTINS, 2007).

**Tabela 2** – Informações do padrão de construção das unidades habitacionais do Conjunto Habitacional Jamile Dequech em Londrina/PR.

PADRÃO	NUNMERO UNIDADES	NUMERO DORMIT.	NUMERO COMODOS	TELHADO	FORRO PINUS	PISO	AREA (m <sup>2</sup> )
LDA	393	0	1	FIBROCIMENTO	NAO	CIMENTO	21,17

**Fonte:** Adaptado de Martins (2007).

Observa-se na figura 4, que a ampliação consistiu em aumentar a unidade habitacional encostando-a no muro em um lado do terreno com a construção de mais um cômodo e, no outro lado do terreno quase encostado no muro, ergueu-se uma garagem.



**Figura 4** – Unidade habitacional ampliada no Conjunto Habitacional Jamile Dequech – Londrina/PR.

**Fonte:** Martins (2007).

Destas residências, algumas não possuíam divisão interna, sendo que alguns moradores utilizavam os próprios móveis para este fim. Em muitos casos, havia desconforto térmico pela ausência de forro e o piso era em concreto liso com aplicação de vermelhão. As paredes internas e externas eram pintadas somente com uma demão de cal, sem muros de divisão de lote, com algumas adaptações para poder tornar o local minimamente habitável e abrigar as famílias (MARTINS, 2007).

Com isto, torna-se comum uma edificação passar por reformas e adaptações, conforme a necessidade do morador, com a construção de novos quartos, despensas e áreas de serviço no decorrer do tempo, sendo fácil notar que as unidades habitacionais estão sendo adaptadas pelos próprios habitantes.

### 2.2.3 Conjunto José Tavares – Campo Grande – MS.

Na cidade de Campo Grande (MS), até há pouco tempo, o que era um grande vazão urbano nas proximidades do bairro Nova Lima, com a união de esforços dos governos municipal e federal e da iniciativa privada, transformou-se em dois conjuntos habitacionais, sendo analisado o Conjunto José Tavares do Couto, mais conhecido como José Tavares, com 537 moradias. Foi entregue no empreendimento, casas construídas com tijolo de barro de metragem total de 28,58m<sup>2</sup>, com sala/cozinha, banheiro e quarto, conforme pode ser constatado na Tabela 4. O empreendimento possui toda a infra-estrutura básica, como água, energia e esgoto, mas não possui divisas muradas entre terrenos e tampouco pavimentação asfáltica.

**Tabela 3** – Informações do padrão de construção das unidades habitacionais do Conjunto Habitacional José Tavares em Campo Grande - MS.

PADRÃO	NUMERO UNIDADES	NUMERO DORMIT.	NUMERO COMODOS	TELHADO	FORRO PINUS	PISO	AREA (m <sup>2</sup> )
	537	1	2	TELHA DE BARRO	NÃO	CIMENTO	28,58

A figura 5 apresenta o loteamento no período de entrega das unidades aos novos moradores. Algumas habitações ainda permanecem inalteradas desde a sua concepção original, porém outras já possuem interferências dos usuários, conforme pode ser constatado na figura 6.



**Figura 5** – Casas no momento da entrega do Conjunto José Tavares  
**Fonte:**Site da Prefeitura Municipal de Campo Grande.

Conforme o web site da Prefeitura de Campo Grande, as obras foram executadas com investimentos próprios do município e da Companhia Hipotecária Cobansa, Economisa e Companhia Hipotecária Brasileira – CHB, além de investimentos do PSH – Programa de Subsídio à Habitação. As prestações das casas giram em torno de 10% do salário mínimo (R\$ 38,00), referência deste valor de salário baseado no ano da entrega do empreendimento, e também fazem parte do Programa de Arrendamento Residencial (PAR) que atende famílias com renda entre R\$ 500,00 e R\$ 1.200,00.

Após a ocupação das residências, algumas aparentam estar inalteradas com relação a sua concepção original, mas algumas famílias já estão em processo de ampliação e benfeitorias de suas casas, conforme a figura 6.

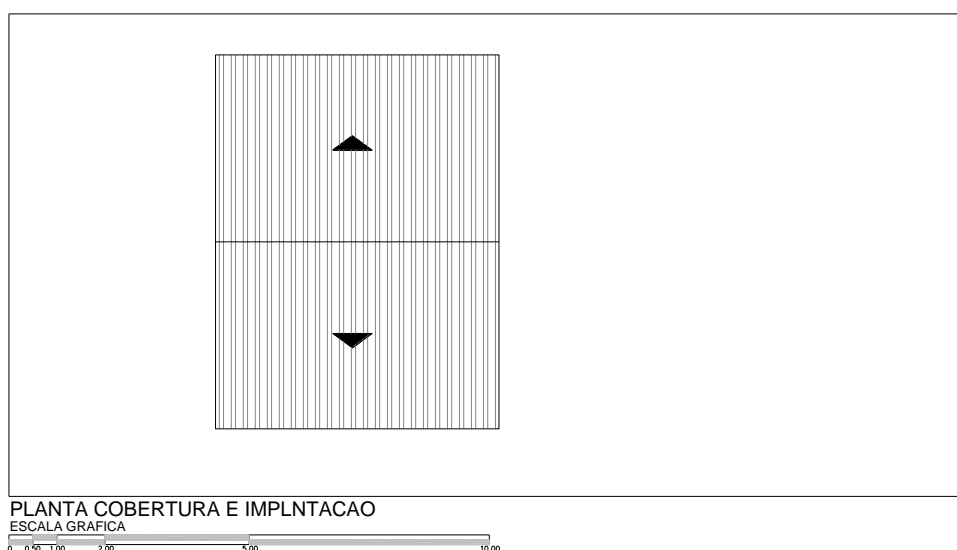


**Figura 6** – Vista atual das casas do conjunto Jose Tavares

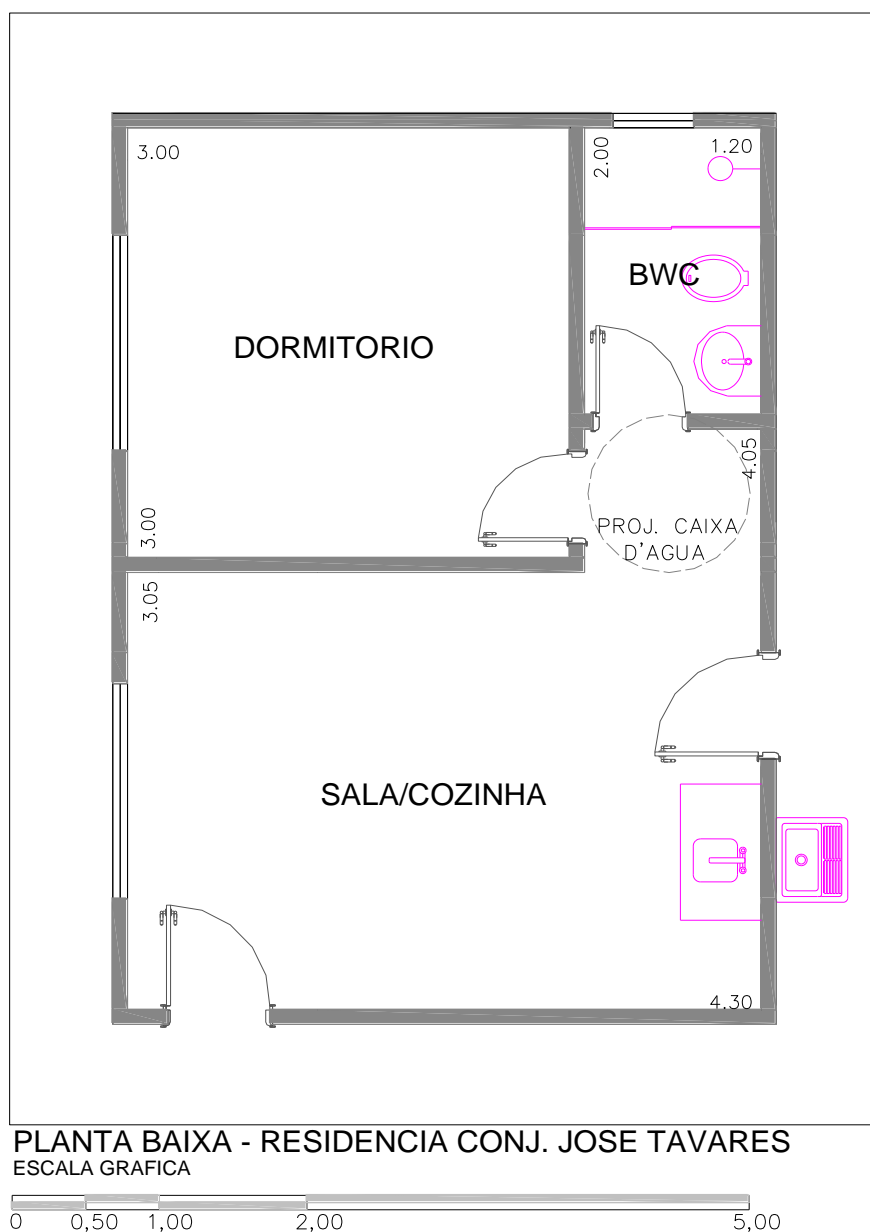
Implantadas em terrenos com dimensão de 10mx20m, totalizando em 200m<sup>2</sup>, as residências possuem um projeto que consiste de sala e cozinha conjugada, um dormitório e um banheiro na parte interna. Na parte externa da edificação, um tanque, conforme a figura 7, localizado ao fundo. Conforme pode ser constatado na figura 8, a planta de cobertura e implantação situada na parte frontal do terreno e a planta baixa da residência na figura 9.



**Figura 7** – Área de serviço (fundo da edificação)



**Figura 8** – Planta de cobertura e implantação



**Figura 9** – Planta baixa

Devido ao tamanho das casas proposto neste conjunto habitacional, algumas famílias já iniciaram o processo de ampliação.

Contudo, começam a aparecer os problemas da informalidade, já que estas alterações são realizadas conforme a necessidade imediata e disponibilidade financeira do usuário. Conforme mostra a figura 10, algumas unidades apresentam na execução de ampliação da residência, divisas com sobras de materiais, e o uso de tábuas para cercar os terrenos, conforme a figura 11.



**Figura 10** – Ampliação de uma residência no conjunto.



**Figura 11** – Cerca de divisa e ampliação de uma residência no conjunto.

Com acabamento de reboco externo, a parte interna não recebe acabamento ou reboco, sendo que a alvenaria de vedação acaba sendo utilizada como elemento estrutural.

Somente na área de chuveiro foi feito reboco, conforme apresentado na figura 12, uma vez que a área é suscetível a fungos. No quadro de energia instalado ao lado da porta do BWC, se percebe o recorte na parede para passar a tubulação elétrica, e a caixa d'água, instalada internamente, fica exposta acima do banheiro, sustentada por caibros que servem como base para uma plataforma de madeira, conforme a figura 13 e 14, respectivamente.



**Figura 12** – Banheiro.



**Figura 13** – Recorte na alvenaria.



**Figura 14** – Detalhe da Caixa d'água interna.

A figura 15 demonstra a cobertura aparente, ficando as telhas e o madeiramento desta estrutura expostos, assim como a fiação elétrica que atende os cômodos.



**Figura 15** – Estrutura de cobertura.

#### 2.2.4 Componentes de fechamentos de habitações de interesse social utilizados no Assentamento Rural de Pirituba II – São Carlos - SP.

Laverde (2007) considera viável a fabricação de esquadrias de madeira para habitação de interesse social, baseada no Projeto Inovarural a partir de uma experiência real com a implantação de uma marcenaria no assentamento.

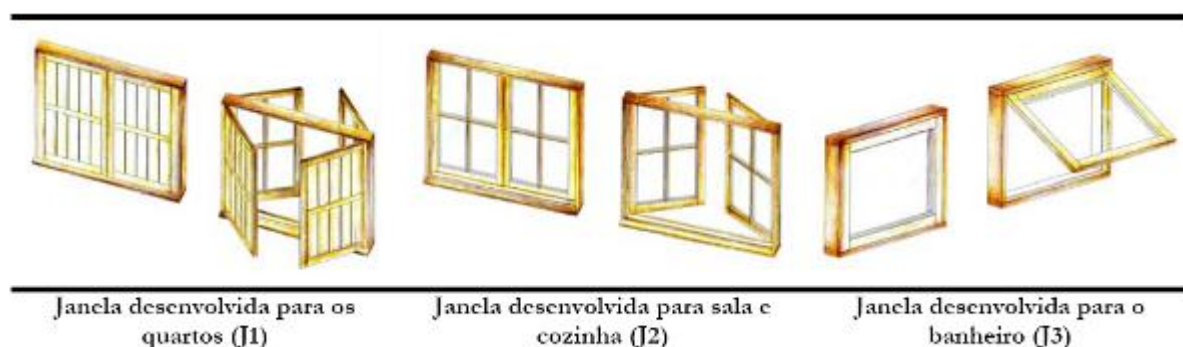
Desde a aquisição da madeira até a montagem final do componente, tem em vista identificar as potencialidades e os limites de sua fabricação com matéria-prima proveniente de florestas de eucalipto atualmente disponíveis, capacitação da mão-de-obra durante o processo produtivo e o emprego de infra-estrutura limitada.

Do ponto de vista econômico, mesmo diante do baixo rendimento apresentado pelos lotes as duas formas de aquisição de madeira são viáveis, seja na forma de parceria ou não. Diante da escassez cada vez maior de matéria-prima para a continuidade do empreendimento, o cenário local deve ser analisado de forma mais detalhada sobre o fornecimento contínuo de madeira.

Embora a mão-de-obra não fosse capacitada para as atividades propostas, o projeto revelou a possibilidade de se realizar a capacitação e fabricação de forma simultânea, desde que haja um acompanhamento de um instrutor marceneiro, sendo que os ganhos vão além do produto final obtido, estendendo-se ao ganho social, com a oportunidade de contribuição para a construção de suas próprias casas.

E com a utilização de uma marcenaria minimamente equipada, é viável a fabricação seriada de um número elevado de componentes, onde existe a possibilidade da otimização de algumas etapas, com procedimentos adotados durante a fabricação.

Com a experiência de execução das esquadrias, os componentes fabricados mostraram-se viáveis de fabricação na própria marcenaria ou no canteiro de obras, considerando as ressalvas colocadas e também a incontestável necessidade da presença de uma assessoria técnica, sendo que estes componentes podem ser verificados na figura 16.



**Figura 16:** Ilustração das tipologias das esquadrias.

**Fonte:** Adaptado de Laverde (2007).

Conforme constatado por Laverde (2007), as janelas com maior índice de aceitação pelos moradores do Assentamento Rural de Pirituba II, em São Carlos – SP, foram as janelas do tipo abrir e projetante (máximo-ar), por serem de fácil execução e manutenção, conforme pode ser constatado na tabela 04.

**Tabela 04** – Tipologias das esquadrias utilizadas no Assentamento Rural de Pirituba II em São Carlos/SP.

Tipologia		<b>Aspecto Técnico</b>	<b>Aspecto Econômico</b>	<b>Satisfação usuário</b>
Projetante	<b>P</b>	Fácil execução, inclusive a fixação de suas ferragens, podendo ser realizada na marcenaria ou no canteiro de obras.	Necessita de poucas ferragens, em contrapartida, a haste de comando (mecanismo de travamento) possui custo mais elevado, mas análise do componente o torna um modelo relevante.	Esta tipologia apresentou boa aceitação, embora fosse um modelo não utilizado pela maioria das famílias.
<b>Abrir</b>	<b>A</b>	Processo de fabricação mais simplificado em relação a de correr e guilhotina, cujas ferragens podem ser fixadas tanto na marcenaria como no canteiro de obras.	Apresentou ser a tipologia que consome menos ferragens e de menor custo e fácil de manutenção ou reposição de peças.	Apresenta-se como a mais utilizada e difundida no assentamento, pela fácil execução.

**Fonte:** Adaptado de Laverde, (2007).

## 2.3 COORDENAÇÃO MODULAR

### 2.3.1 Conceituação

A coordenação modular pode ser entendida como um mecanismo de simplificação e inter-relação de medidas e objetos de diferentes procedências, com sistema dimensional de referência, sendo que a partir de medidas com base em um módulo predeterminado (10 cm), organiza e compatibiliza a aplicação racional de técnicas construtivas e o uso de componentes no projeto e na obra, sem modificações.

Este processo visa direcionar a ação contra desperdícios nos processos produtivos, aplicando o raciocínio sistemático, lógico e resolutivo, sendo um conjunto de ações, que se propõe substituir as práticas rotineiras convencionais por recursos e métodos baseados na racionalidade do sistema, visando eliminar a casualidade nas decisões, sendo uma metodologia sistemática de industrialização e pré-fabricação.

Conforme Mamede (2001), a coordenação modular é um instrumento destinado a utilizar harmonicamente as dimensões dos componentes, produzidos como unidades independentes com os projetos arquitetônicos, tendo com objetivo principal a racionalização da edificação, do projeto à construção.

Deste modo, neste trabalho a coordenação modular é utilizada como uma ferramenta de concepção e ordenação do projeto, sendo que já na primeira etapa do trabalho para execução de edificações, organiza e possibilita a interação dos projetos arquitetônico, estrutural, hidráulico e elétrico, racionalizando tanto o projeto como sua execução.

A aplicação da coordenação modular visa, portanto, redução do uso de materiais naturais não renováveis, diminuição de geração de resíduos nas obras, menor tempo de execução e eliminação da casualidade das decisões no canteiro de obra.

Para possibilitar a inclusão da tolerância de fabricação e sua colocação em obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente, estabelece a medida de projeto que é aquela determinada para o projeto ou produção de um componente, por definição, inferior à medida modular. Na prática, observa-se que pode haver diferenças entre as medidas. A tolerância de fabricação é a diferença máxima admissível entre a medida de projeto e a medida real, sendo esta a que se obtém ao medir qualquer componente de construção. A Medida Real será maior ou menor que a Medida Nominal, de acordo com as tolerâncias previstas na produção do componente; pois esta se refere às verdadeiras dimensões dos componentes fornecidos e utilizados no canteiro.

Com a organização do uso da matéria-prima, a rapidez nas etapas projetuais, aumento da produtividade e diminuição de perdas, ocorre redução de custos quando do uso da coordenação modular no que diz respeito às questões econômicas nas várias etapas do processo construtivo.

O arquiteto suíço Le Corbusier, na década de 40, desenvolveu um sistema de medidas mais conhecido como “Modulor”. Sistema este composto por uma seqüência de medidas que Le Corbusier usou para encontrar harmonia nas suas composições arquitetônicas.

Com as novas técnicas de projeto e de construção, estas soluções tecnológicas foram utilizadas de forma precária e pejorativa, em função da produção maciça das habitações de interesse social na década de 70.

Com isso, a modulação ficou relacionada a construções econômicas de baixa qualidade, onde o conjunto habitacional é a prática para as pessoas terem sua própria moradia a custo baixo. Porém, no caso das habitações segundo uma filosofia de produção em massa, houve excessiva padronização arquitetônica e urbanística, onde havia a produção de um mesmo produto em grande escala a custo baixo, não havendo preocupação com questões ligadas à cultura e características regionais do usuário, resultando espaços impessoais aos moradores.

Mas, devido à mudanças dos conceitos econômicos da produção de edificações, os processos de compatibilização e racionalização voltam a ser considerado como alternativas para redução de custos e aumento de produtividade.

Em função dos cortes e ajustes que as edificações sofrem na etapa de construção, a Coordenação Modular é mais eficaz no aproveitamento de componentes construtivos, reduzindo o consumo de matérias-primas, o consumo energético para produção desses componentes, baixos níveis de perdas e de sobras desses componentes e, em consequência, agrupa suas características de redução de materiais com relação à sustentabilidade.

### 2.3.2 Objetivos da coordenação modular

Um dos principais objetivos da Coordenação Modular é a racionalização da construção. Na etapa do processo produtivo, a idealização dos projetos envolvidos (arquitetônico, estrutural e complementares), as normas, as medidas, a utilização da matéria-prima para sua fabricação e a montagem e

manutenção das edificações, são comprometidas entre si. Desta maneira, todos os envolvidos na produção são responsáveis pelo sucesso do empreendimento.

Segundo Baldauf (2004), por meio de normas técnicas seguidas por eficiente sistema de certificação, os componentes passam por uma padronização dimensional e por uma redução da variedade de tipos, mediante o emprego de medidas preferidas a serem escolhidas na série de medidas preferíveis.

E a produção dos componentes não é mais sob medida, mas seriada, e mesmo sendo os componentes produzidos por indústrias diferentes, estas características asseguram a intercambialidade entre eles, pois são compatíveis entre si, já que suas dimensões são múltiplas do módulo decimétrico.

Desta maneira, ruma-se à industrialização aberta, onde através da industrialização dos componentes, são produzidos módulos-bases, para que sejam combinados com outros componentes, qualquer que seja o fabricante.

Segundo Pereira (2005), a produtividade do processo do sistema aberto é buscada na fábrica, através da produção seriada e controlada nos componentes dos sistemas construtivos e no canteiro, através de características do produto que visem à racionalização da produção.

Assim, a flexibilidade fica embutida na possibilidade de diferentes combinações entre os elementos pré-fabricados, dada pela industrialização aberta, cujas características são:

- Coordenação dimensional que possibilite unir o maior número de elementos e produtos de distintas procedências;
- Catálogo de elementos padronizados, que possibilita ao usuário uma informação exaustiva sobre o produto, de modo a facilitar o seu emprego;
- Maior raio de ação e mais específico dos elementos pré-fabricados;
- Flexibilidade dos processos de produção, de modo a atender encomendas de produtos especiais, tirando de linha produtos que se tornaram obsoletos, combatendo a tendência de fechamento paulatino do processo;
- Montagem dos componentes pré-fabricados por terceiros, já que os fabricantes preferem se responsabilizar, sobretudo, pelo bom comportamento de seus produtos;

- Possibilidade de manter elementos de catálogo em estoque, especialmente os que ocupam pouco volume.

Conforme Baldauf (2004), este sistema resulta na simplificação do projeto, tanto pelo fato dos detalhes construtivos já estarem solucionados em função da própria padronização, quanto pelo estabelecimento de uma linguagem gráfica, descritiva e de especificações, que será comum a fabricantes, projetistas e construtores, facilitando o entendimento entre os intervenientes do processo.

Como resultado, disponibiliza-se para o profissional de projeto mais tempo para intensificar a criatividade arquitetônica. Ainda afirma que a coordenação modular promove a construção limpa, significando de forma simplificada, facilitar a etapa de execução, sendo que passa a ter uma montagem tipificada, utilizando componentes padronizados e intercambiáveis que não necessitam de cortes, proporcionando a redução do desperdício.

Abordando os quesitos de sustentabilidade, a coordenação modular reduz o consumo de matéria-prima e aumenta a capacidade de troca de componentes da edificação, facilitando a sua manutenção.

Para os fabricantes de componentes, projetistas e executores, ainda traz agilidade operacional e organizacional, em função da repetição de técnicas e processos e do domínio tecnológico, resultando como vantagem no controle eficiente de custos e de produção.

Em resumo, tudo isto traz o aumento da produtividade e uma conseqüente redução de custos, contribuindo, desta forma, para a qualificação da indústria da construção civil.

### 2.3.3 Histórico sobre a coordenação modular

Historicamente, o módulo aparece na Arquitetura em uma interpretação clássica dos gregos, sob um caráter estético; dos romanos, sob um caráter estético-funcional; e dos japoneses, sob um caráter funcional.

Segundo Greven e Baldauf (2007), o Brasil foi um dos primeiros países, em âmbito mundial, a aprovar uma norma de coordenação modular, a NB-25R, em 1950. Além disso, teve os anos 70 e início dos 80 tomados pelos

conceitos e estudos a este respeito, promovidos, principalmente, pelo Banco Nacional da Habitação (BNH), por Universidades e pelo Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum (CBC).

No entanto, mesmo com tantos esforços para a promoção da coordenação modular, verificou-se que o tema estivesse relacionado com construções econômicas e de baixa qualidade. Mas atualmente, devido à necessidade de redução de custos e aumento da produtividade, os processos de racionalização dimensional e de compatibilização construtiva voltam a ser considerados na execução de casas padronizadas, inclusive as direcionadas pela coordenação modular.

Uma grande influência na construção de casas padronizadas e industrializadas no início do Século XX foi a Bauhaus, onde Carmel-Arthur (2001), afirma que o termo combina o verbo alemão *bauen* (construir) com o substantivo *Haus* (casa), e mesmo não tendo uma tradução exata, a palavra Bauhaus (casa para construir), reflete o seu idealismo de ensino.

Segundo Castelnou (1993), Walter Gropius fundou a Bauhaus, no intuito de criar um centro de reunião de todas as correntes artísticas da Europa, com o objetivo de introduzir uma posição adaptada ao seu tempo e não mais um estilo artístico, integrando e equilibrando varias tendências, conciliando artesanato e indústria, assim como criatividade e padronização.

E a principal diferença entre artesanato e indústria, não estava nos instrumentos particulares de aplicação de cada um, mas no fato de que, no artesanato, há o controle um único trabalhador, enquanto na indústria, existe uma subdivisão de trabalho. Com isto, poderia se alegar a restrição da iniciativa pessoal, pois no trabalho em grupo pode levar a uma eficiência maior, portanto, pode também levar a anulação do esforço particular (CASTELNOU,1993).

Na segunda fase da Bauhaus, arquitetos e artistas se uniram para desenvolver um novo estilo de criação e construção, com o intuito de fabricar objetos de boa qualidade, esteticamente belos e com baixo custo, viabilizando a construção em massa, ao qual busca uma produção em escala industrial com beleza, funcionalidade e forma junto em um só conceito, surgindo uma nova estética.

Segundo Morales (2009) o termo Bauhaus, que significa casa em construção, remete a um dos mais importantes e profícuos momentos da arte, do

design e da arquitetura mundiais. Inicialmente com as artes plásticas, seguindo-se na segunda fase pela arquitetura e pelo design, esta escola propôs, no início do século XX, valores e diretrizes que até os dias atuais são modernos e direcionam a criação de mobiliário e objetos de uso doméstico e de decoração.

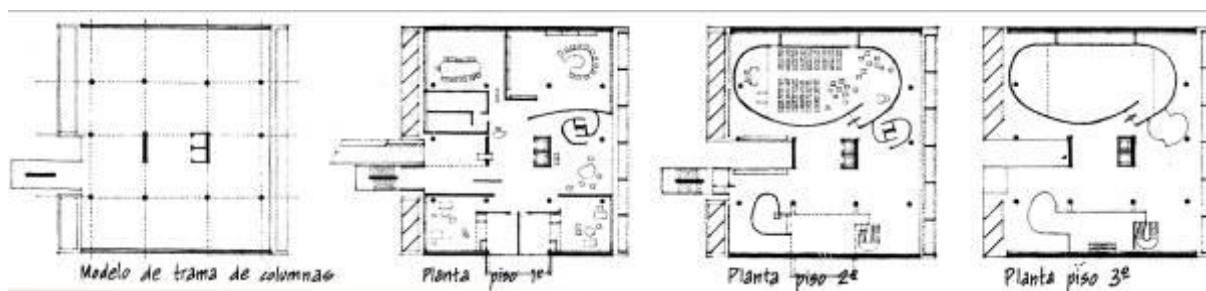
A arquitetura, implementada na escola Bauhaus como disciplina apenas em 1927, traz um conceito de projeto pensado desde a distribuição do espaço com a preocupação da coerência das áreas.

A arquitetura deveria apresentar um apelo às soluções que revelassem uma preocupação social. O uso das cores tem papel importante nos edifícios que revelam a transparência e a predominância do minimalismo das formas, as quais seguem linhas retilíneas, cartesianas e racionais. Muitas vezes buscou-se, na Escola Bauhaus, soluções para habitação para operários, a baixo custo e utilizando os pré-moldados, como se observa na arquitetura de Walter Gropius. A proposta de trabalhar com o mínimo de material e detalhes levou à concepção de projetos com formas limpas, sem enfeites, porém buscando maximizar a criatividade no sentido de satisfazer as necessidades do usuário com alto padrão de qualidade, a despeito da redução dos custos da edificação. (MORALES, 2009)

Sendo a arquitetura um importante campo de estudos da Bauhaus, esta procurou estabelecer planos para a construção de casas populares mais baratas e industrializadas, buscando *“simplicidade na multiplicidade”* (CARMEL-ARTHUR, 2001).

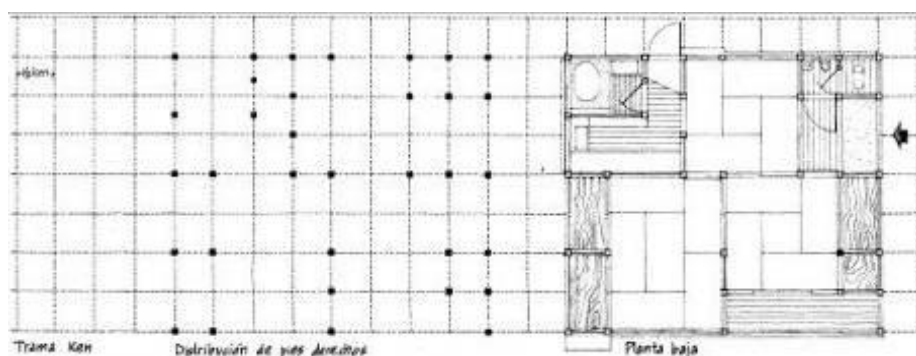
A racionalidade no processo projetual das edificações pode ser aplicado com a utilização de reticulados modulares com o posicionamento das colunas para determinação dos ambientes das edificações, sendo esta arquitetura industrializada, com produção fácil e múltipla.

Ching (1982), afirma que um reticulado com colunas ou pilares se corresponde intimamente com a distribuição dos espaços internos, sendo este reticulado de colunas estabelecido em um campo espacial fixo e neutro, com exceção da circulação, onde os espaços interiores se organizam e se formam com total independência conforme a figura 17.



**Figura 17** – Plantas baseadas em reticulados de colunas.  
**Fonte:** Ching (1982).

A capacidade de organização de um reticulado é o fruto de sua regularidade e continuidade, que engloba os elementos que distribuem, estabelecendo pontos e linhas constantes de referencia, onde espaços integrantes de uma organização em trama, mesmo diferindo em tamanho, forma ou função, podem compartilhar uma relação em comum, notando-se uma relação entre estrutura e ambientes, conforme figura 18.



**Figura 18** – Plantas baseadas em reticulados de colunas.  
**Fonte:** Ching (1982).

Diante da demanda atual da construção civil, onde o consumidor final anseia por edificações de melhor qualidade e menor preço, faz-se necessário que sejam produzidos edifícios que respeitem condições de moradia, funcionalidade, durabilidade, segurança e acabamento. O sistema deve atender às condições indispensáveis como produtividade, fácil execução, custo reduzido e desempenho ambiental, representando um grande desafio aos projetistas e construtores.

Pereira (2005) indica a modulação como instrumento de racionalização do projeto e produção de habitações de interesse social. A modulação envolve uma gama de considerações, tanto em relação às condições de fabricação, quanto ao número dos componentes de montagem e execução. A coordenação modular é de grande importância, com a conciliação de todos os componentes no projeto, quando envolvidos dois aspectos: repetição e organização.

Conforme Baldauf (2004), a palavra “módulo” tem origem no latim “modulu” e significa:

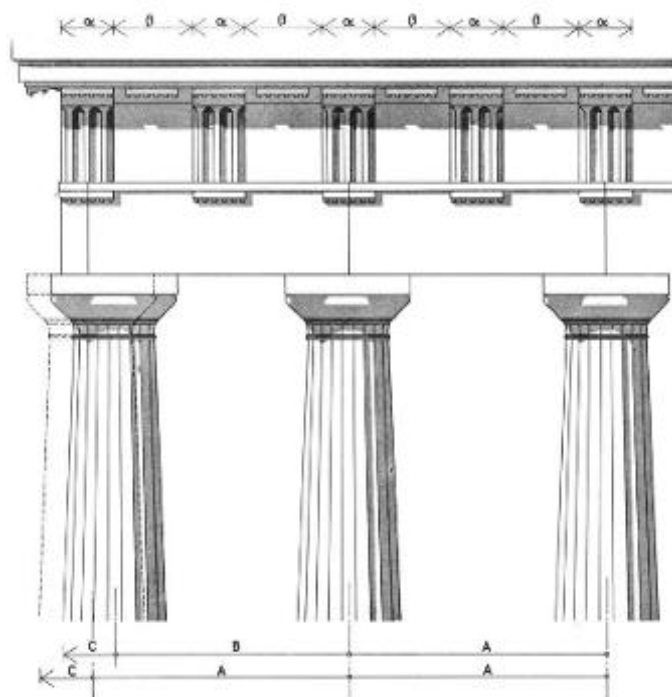
- Medida reguladora das proporções de uma obra arquitetônica;
- Quantidade que se toma como unidade de qualquer medida.

#### 2.3.3.1 Gregos

Segundo Baldauf (2004), a unidade básica das dimensões utilizada era o diâmetro da coluna. A partir deste módulo, formavam-se as demais dimensões, não só da própria coluna – como o fuste, o capitel e a base –, mas de todas as dimensões da obra arquitetônica, onde a proporção dos elementos das ordens gregas era a expressão da beleza e da harmonia.

O espaço entre as colunas era baseado no diâmetro das mesmas, e a distância entre estas colunas da esquina das edificações gregas era segundo Greven (2007), um excelente exemplo do conflito entre ritmo arquitetônico e exigências estruturais. Na arquitetura grega, o vão da esquina era menor em relação aos demais vãos para que os componentes “pré-fabricados” se mantivessem com a mesma dimensão daqueles existentes nos outros vãos.

Baseado neste princípio, frisos e vigas mantinham a mesma dimensão ao longo de toda a fachada, inclusive nos vãos das esquinas.

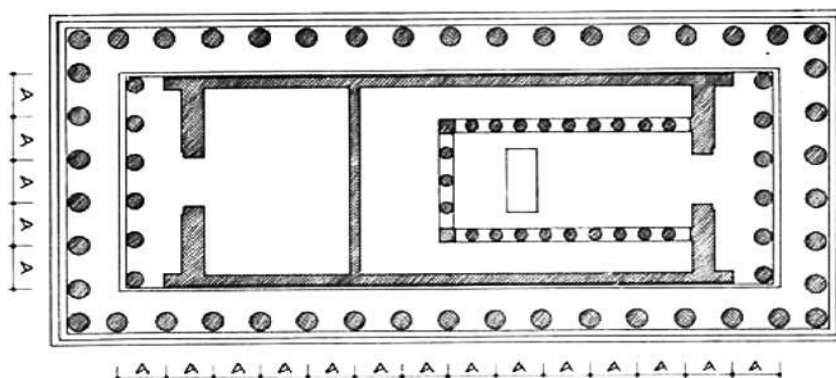


**Figura 19** – Vão normal e de esquina na arquitetura grega  
**Fonte:** Baldauf (2004).

A figura 19 mostra que o vão “B” (menor), rompe a simetria dos vãos “A”, mantendo igual a dimensão dos frisos e vigas. Nota-se que o vão normal é o “A”, e o de esquina é o “B”, caso os vãos “A” e “B” fossem iguais, a linha tracejada mostra onde a coluna deveria estar posicionada.

Os dois tipos de frisos (métopas e tríglifos) determinam o intervalo das colunas, que corresponde a duas peças de cada um dos frisos. Com essa composição, os vãos das esquinas é que sofrem redução de medida, tornando-se menores (BALDAUF, 2004).

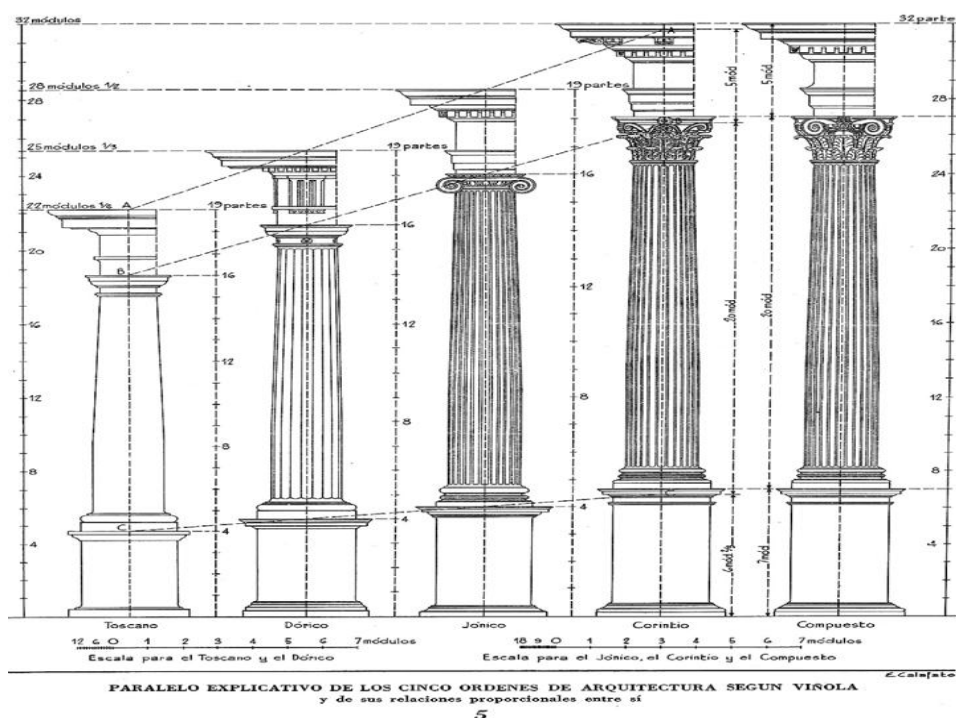
Seguindo essa questão estética da arquitetura grega, a figura 20 apresenta uma residência de um pavimento, cujas fachadas foram projetadas com o módulo de  $A = 4$  pés atenienses.



**Figura 20** - Casa grega de um pavimento, do ano de 448 a.C.  
**Fonte:** Baldauf (2004)

Portanto, sendo o diâmetro da coluna a medida moduladora da arquitetura grega, o tamanho de suas colunas variava conforme a edificação. Sendo assim, as ordenações gregas não se apoiavam em uma unidade de medida constante, mas cada uma seguia as suas proporções.

Essas proporções podem ser visualizadas na figura 21.

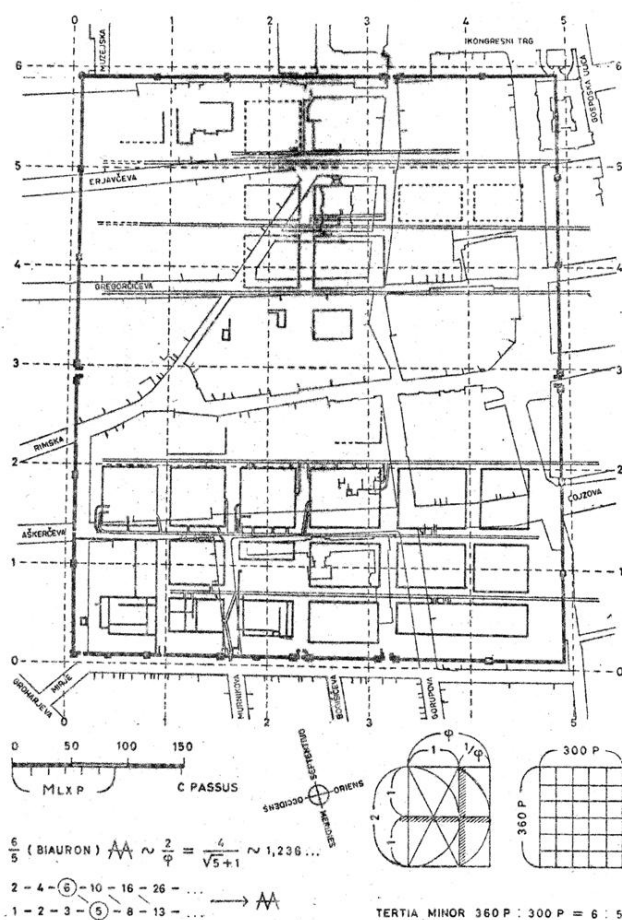


**Figura 21** – As ordens gregas segundo Viñola  
**Fonte:** Baldauf (2004)

### 2.3.3.2 Romanos

As cidades e os edifícios da civilização romana obedeciam a um módulo reticulado baseado no “*passus*” romano, que era múltiplo do pés, uma unidade de medida antropométrica.

Segundo Baldauf (2004) *apud* Rosso (1976), os romanos, com seu caráter prático, conseguiram padronizar seus tijolos em dois tipos universais: o *bipetalis* e o *sesquipetalis*. O traçado da cidade de Emona é um exemplo do planejamento das cidades, com base em um módulo de 60 passus, o que originou um reticulado de 360 passus x 300 passus, resultando em uma proporção de 6:5. A organização da cidade de Emona (hoje Liubliana, na Eslovênia), pode ser visualizada na figura 22.



**Figura 22** - Cidade de Emona

**Fonte:** Baldauf (2004)

Sem contar que os romanos também utilizavam o módulo para estabelecer medidas, tanto de componentes construtivos, quanto de utensílios domésticos.

Conforme Greven (2007), as pesquisas de Tine Kurent confirmaram que os romanos utilizavam componentes modulados e padronizados. Entretanto, os tamanhos modulares dos componentes construtivos romanos eram pequenos múltiplos de várias unidades padrão. Devido a estes fatores, os componentes romanos eram somas e múltiplos de várias unidades padrão de medidas, mas nenhuma unidade padrão constituía um módulo-base ou suas derivações.

As unidades romanas podiam ser usadas como módulos de acordo com a situação. Os romanos, desta forma, aplicavam uma modulação flexível desde o pequeno objeto até a grande cidade (BALDAUF, 2004).

As medidas modulares romanas para componentes construtivos e seus incrementos eram idênticas a pequenos múltiplos inteiros de uma medida padrão dos romanos, conforme mostra a tabela 05.

**Tabela 05** - As medidas modulares romanas

COMPONENTES	DIMENSÕES
Tubo de saneamento	1 <i>gradu</i> (passo)
Telha	Comprimento e largura modulares 1 <i>cubitu</i> (osso interno do antebraço)= 6 <i>palmi</i> (palma)
Imbrex	1 <i>cubitu</i> = 6 <i>palmi</i>
Laje de tijolos (calefação)	1 <i>bipedalis</i> (2 pes) = 8 <i>palmi</i>
Pequena coluna de pedra	Largura modular: 1 <i>semis</i> = 2 <i>palmi</i> Altura modular: 2 <i>pedes</i> = 8 <i>palmi</i>
Tijolo	Largura modular: 1 <i>pes</i> = 4 <i>palmi</i> Altura modular: 1 <i>palmus</i> Comprimento modular: 1 <i>cubitu</i> = 6 <i>palmi</i>
Ladrilhos quadrados (pisos)	Áreas modulares = 1 <i>cubitu</i> quadrado ou 1 <i>pes</i> quadrado
Ladrilhos hexagonais	Largura modular: 1 <i>bes</i> ou 1 <i>triens</i> ou 2 <i>uniaciae</i> (polegadas)
Pequenas pedras ou tijolos (mosaicos de pisos)	Espaço modular: 1 <i>uncia</i> cúbica ou 1 <i>semiuncia</i> cúbica ou 1 <i>silicus</i> (rocha) cúbico

**Fonte:** Adaptado de Baldauf (2004)

### 2.3.3.3 Japoneses

O shaku, unidade de medida clássica japonesa, tem origem chinesa, e equivale praticamente ao pé inglês, sendo divisível em unidades decimais.

Mas na segunda metade da Idade Média, implantou-se no Japão outra medida, o ken. Inicialmente, foi utilizado para desenhar a separação entre duas colunas e não apresentava uma dimensão fixa, mas foi logo normalizado para se aplicado em edificações residenciais.

Segundo Ching (1982), o ken não foi uma medida absoluta só para a construção de edifícios, tendo evoluído e se tornando um módulo que direcionava todos os espaços, a estrutura e os materiais da arquitetura japonesa. Com a trama modular do ken, foram instaurados dois métodos de projeto. No método Inaka-ma, a trama do ken (6 shaku) determinava a separação entre os eixos das colunas.

Por conseqüência, o tradicional tatame (3 x 6 shaku ou  $\frac{1}{2}$  x 1 ken) tinha ligeira variação, tendo em conta o diâmetro da coluna. Já no método Kyo-ma, o tatame possuía dimensões constantes (3,15 x 6,30 shaku) e medidas entre - colunas (módulo ken) oscilavam entre 6,4 e 6,7 shaku.

Por ser usado em todos os locais internos, o tatame necessitava de espaços dimensionados de forma a poder receber no piso, um número inteiro de tatames, dando à modulação um caráter prático-funcional.

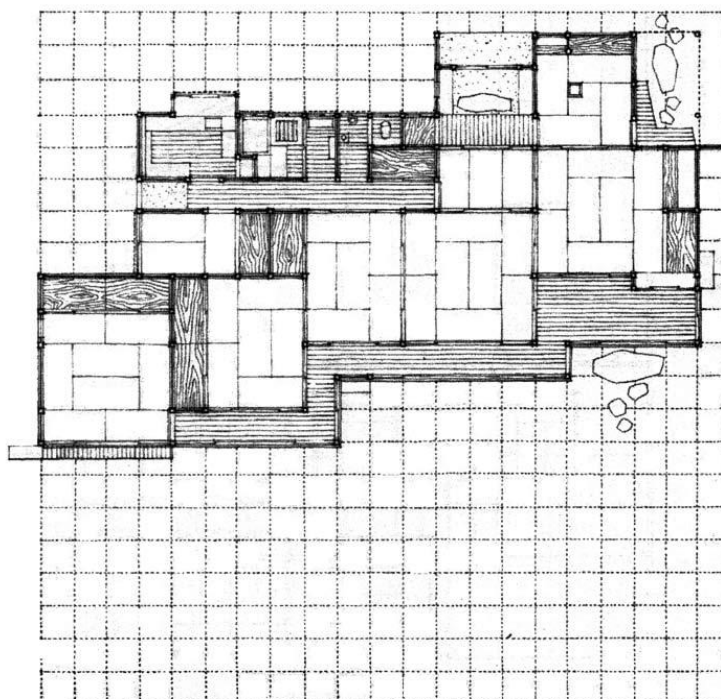
A dimensão do tatame era a que permitia que duas pessoas permanecessem comodamente sentadas, ou então, somente uma dormindo. Conseqüentemente, as medidas de uma habitação eram expressas pelo número de tatames utilizados.

Com o desenvolvimento da trama ken, o tatame perdeu sua dependência das dimensões humanas e se perderam também as necessidades de um sistema estrutural e de separação entre colunas baseados nesta modulação.

Mas em função da sua modulação 1:2, os tatames podiam ser distribuídos em grande número de posições, para qualquer dimensão de habitação, e para cada uma delas se fixava uma altura de teto, que se calculava a partir da seguinte igualdade: altura de teto = número de tatames x 0,3, segundo BALDAUF (2004).

Nas casas tipicamente japonesas, a trama ken direcionava a estrutura e possíveis aumentos, de espaço a espaço, das diferentes habitações.

A figura 23 mostra uma residência típica japonesa, onde as medidas do módulo, relativamente pequeno, possibilitavam a disposição de espaços retangulares, com concepção de espaços totalmente livre, segundo modelos lineares, agrupado ou aleatório.



**Figura 23** - Residência típica japonesa  
**Fonte:** Baldauf (2004)

#### 2.3.4 Definições

Neste item serão apresentados os principais termos que compõem um sistema modular, uma organização onde o todo está em harmonia com as partes e cada parte relativa é definida através de normas. As definições conforme as Normas Brasileiras sobre coordenação modular e que serão adotadas neste trabalho, são a base para o entendimento e aplicações do mesmo.

#### 2.3.4.1 Coordenação Modular

Segundo Pereira (2005), a coordenação modular é uma técnica que permite relacionar as medidas de projeto com a medida modular por meio de um sistema de linhas de referência. Por Medida Modular entende-se a medida de um módulo ou um múltiplo inteiro do módulo. Ela inclui o componente e a folga perimetral necessária para absorver, tanto as tolerâncias da fabricação, como a colocação em obra, de forma a garantir que cada componente disponha de espaço suficiente para sua colocação em obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente.

#### 2.3.4.2 Instrumentos da Coordenação Modular

A coordenação modular dispõe de quatro ferramentas fundamentais que norteiam a sua estruturação, para que todos seus critérios sejam executáveis:

- O sistema de referência;
- O sistema modular de medidas;
- O sistema de ajustes e tolerâncias (ou ajuste modular); e
- O sistema de números preferenciais.

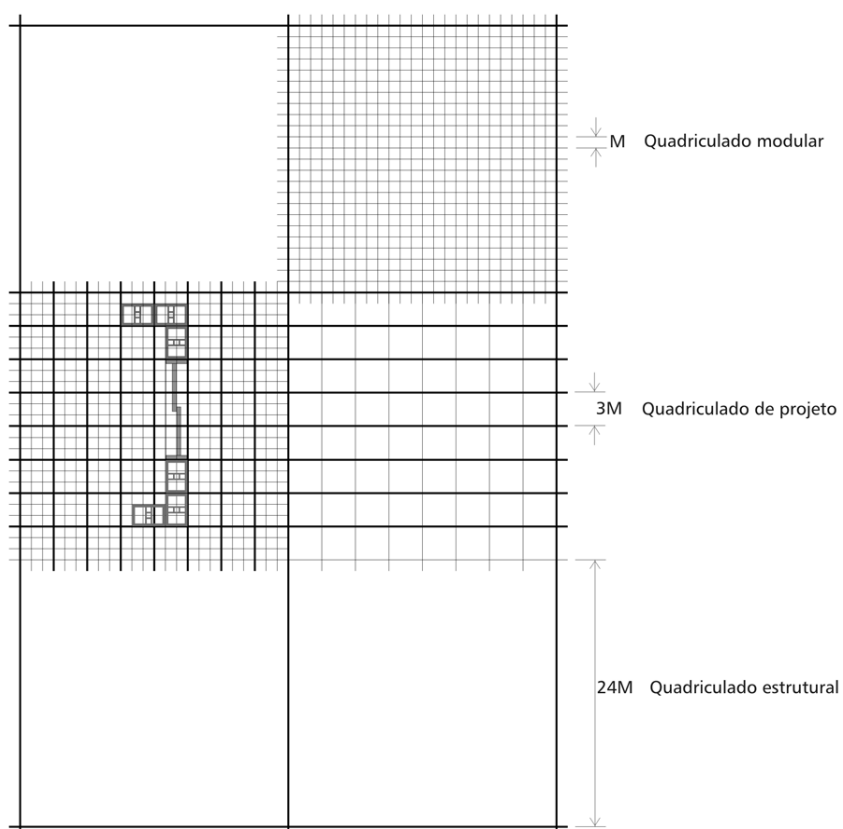
#### 2.3.4.3 Módulo básico (M)

O módulo básico é definido como a distância entre dois planos consecutivos do Retículo Modular Espacial de Referência, que é de 10 cm por convenção internacional. Portanto, módulo é a unidade básica de medida para a coordenação dimensional dos componentes e das partes da construção.

#### 2.3.4.4 Quadriculado modular de referência ou malha modular

O quadriculado modular de referência (ou malha modular) é a projeção ortogonal do reticulado espacial de referência sobre um plano paralelo a um dos três planos ortogonais, através das vistas ortográficas, as quais representam os objetos em duas dimensões. Torna-se necessário utilizar as projeções ortogonais do reticulado modular espacial de referência.

A figura 24 apresenta três quadriculados diferentes, para se utilizar em fases diferentes do projeto: o M, o 3M e o 24M, onde quadriculado modular é o M, quadriculado de projeto é o 3M (dimensão modular de um bloco cerâmico) e o quadriculado 24M é o quadriculado estrutural do projeto.



**Figura 24** - Quadriculados modulares M, 3M e 24M  
**Fonte:** Greven (2007)

Resulta em um reticulado espacial e quadriculados planos. Estes podem ser, tanto no plano horizontal, quanto no vertical, dependendo da representação a ser feita, tal como plantas baixas ou elevações, respectivamente.

#### 2.3.4.5 Sistema modular de medidas

Segundo Greven (2007), o sistema modular de medidas é baseado na unidade de medida básica da coordenação modular (módulo), e em alguns múltiplos inteiros ou fracionários dele, onde o módulo constitui o espaço entre os planos do sistema de referência em que se baseia a coordenação modular. Seus componentes deverão ocupar espaços determinados por esses planos e a eles também deverão referir-se suas medidas.

As características do sistema modular de medidas devem, segundo Greven (2007) *apud* Mascaró (1976), conter medidas funcionais e de elementos construtivos típicos, ser aditiva em si mesma (por ser a construção um processo aditivo) e assegurar a intercambialidade das partes mediante a combinação das medidas múltiplas ou submúltiplas do módulo. Contudo, além do módulo-base, são necessários multimódulos e submódulos.

#### 2.3.4.6 Multimódulos

Greven (2007), afirma como multimódulos ( $n \times M$ , onde  $n$  é um número positivo inteiro qualquer). São recomendados: 3M, 6M, 12M, 15M, 30M e 60M, pelo IMG (ROSSO, 1976), e 12M, 15M, 30M e 60M, pela ISO (ROSSO, 1976). No caso do Brasil, sugere a utilização do multimódulo 2M para a coordenação altimétrica (elevações) e o multimódulo 3M para a coordenação planimétrica (plantas baixas).

#### 2.3.4.7 Submódulos

Na impossibilidade de fabricar certos componentes com dimensões múltiplas do módulo, especialmente aqueles que são inferiores ao módulo- base, a exemplo das espessuras de painéis e de paredes, e determinados tipos de perfis e de tubos, é possível a utilização de submódulos (M/n).

Greven e Baldauf (2007) propõe a adoção dos submódulos M/4 (2,5 cm) e M/8 (1,25 cm) para espessura de painéis, para espessura de acabamentos e para peças especiais de fechamento.

Contanto, existe o perigo do submódulo ser utilizado com freqüência sem necessidade, aumentando a variação dimensional, contrariando o sistema modular, e por isto deve-se observar que o submódulo não seja empregado como módulo-base.

A aplicação do submódulo resultará sempre de exigências de ordem funcional e de máxima economia.

Quando estas exigências de funcionalidade determinam um dimensionamento mínimo múltiplo de um submódulo, deve-se analisar, em cada caso, se a correção pelo excesso na obtenção do multimódulo mais próximo será um encargo compatível com as vantagens econômicas obtidas pelo uso da coordenação modular.

#### 2.3.4.8 Reticulado Modular Espacial de Referência ou Sistema de Referência

Constituído pelas linhas de interseção de um sistema de planos separados entre si por uma distância igual ao módulo básico e paralelo a três planos ortogonais dois a dois.

O Sistema de Referência possibilita o posicionamento e dimensionamento dos componentes sob um sistema de linhas bases e viabiliza a representação dos componentes individualizados, para formar o organismo arquitetônico.

#### 2.3.4.9 Quadrículado modular de referência

Sistema de referência com espaçamento de 1M (10cm) entre suas linhas, sendo a quadrícula multimodular de referência aquela com o espaçamento entre suas linhas igual a 2M ou 3M, empregados de forma separada ou conjunta.

#### 2.3.4.10 Junta de projeto

Distância prevista no projeto entre os extremos adjacentes de dois componentes da construção; a junta real é a distância real entre os extremos adjacentes de dois componentes da construção; o ajuste modular estabelece a junção entre os componentes e o sistema de referência.

#### 2.3.4.11 Zona neutra

Zona não modular entre retículos modulares, para absorver partes da construção de difícil modulação, por suas características técnicas ou funcionais.

#### 2.3.4.12 Plano modular de referência (PMR)

Plano coincidente com a Quadrícula Modular, entendendo-se esta como o quadriculado com espaçamento entre suas linhas igual a 1M, que delimitam componentes ou conjuntos importantes da construção, facilitando a sua identificação, tratamento técnico e dimensionamento.

### 2.3.5 Projeto modular

No projeto modular, segundo Baldauf (2004), plantas baixas, fachadas e cortes, que compõem o projeto, se aplicam sobre o quadriculado, coordenando a posição e as dimensões dos componentes da construção. Com isto, se facilita a idealização do projeto, simplificando sua representação e a montagem dos componentes na execução da obra, reduzindo, com isto, a ocorrência de cortes.

#### 2.3.5.1 Posição dos componentes em relação ao quadriculado modular de referência.

Conforme Baldauf (2004), em relação ao quadriculado modular de referência, um componente construtivo pode ocupar três posições distintas. Seu posicionamento sempre é feito considerando a dimensão do componente em relação ao quadriculado modular, sem agregar a dimensão de nenhum tipo de acabamento (reboco, azulejo, cerâmica, pedra, entre outros).

Com isto, quando se trabalha com coordenação modular, se consideram as medidas “em osso” para o posicionamento dos componentes. Devido a estas características, a posição do componente em relação ao quadriculado modular de referência será escolhida em função de necessidades técnicas e econômicas, as quais determinarão qual das três posições será a mais conveniente.

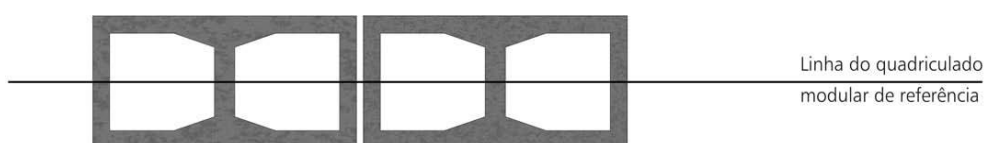
#### 2.3.5.2 Posição simétrica

Greven (2007) afirma que o componente na posição simétrica, terá o seu eixo posicionado sobre uma linha do quadriculado modular de referência, o

que, na prática, facilita a marcação da obra, e a medida entre os eixos dos componentes será uma medida modular.

Se a distância do componente (face a face) for uma medida modular, a distância do eixo do componente à sua face também será uma medida modular.

A figura 25 exemplifica blocos em posição simétrica em relação a uma linha do quadriculado modular de referência.



**Figura 25** - Componente em posição simétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência  
**Fonte:** Baldauf (2004)

### 2.3.5.3 Posição assimétrica

Conforme Greven (2007), na posição assimétrica, o componente terá o seu eixo deslocado em relação à linha do quadriculado modular de referência, mas essa característica deve ser submodular.

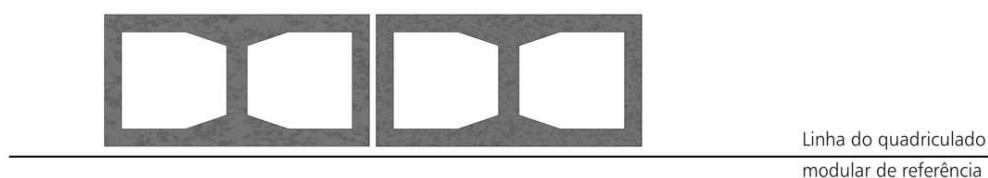
Com isto, as medidas das faces do componente referentes à linha do quadriculado modular serão distintas, pois estarão afastadas diferentemente em relação a esta. A figura 26 mostra blocos em posição assimétrica em relação a uma linha do quadriculado modular de referência.



**Figura 26** - Componente em posição assimétrica em relação à linha do quadriculado modular de referência  
**Fonte:** Baldauf (2004)

#### 2.3.5.4 Posição lateral

Já na posição lateral, o componente estará com uma de suas faces posicionada lateralmente à linha do quadriculado modular de referência. A figura 27 demonstra blocos em posição lateral em relação a uma linha do quadriculado modular de referência (GREVEN, 2007).



**Figura 27** - Componente em posição lateral em relação à linha do quadriculado modular de referência.  
**Fonte:** Baldauf (2004)

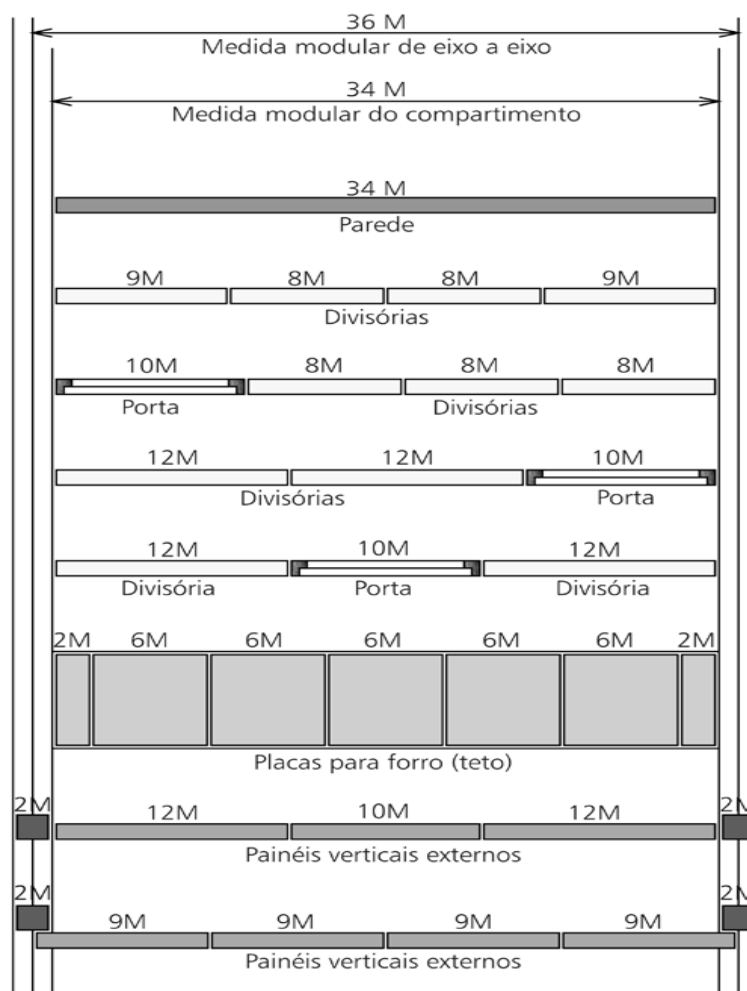
#### 2.3.5.5 Componentes modulares

Conforme afirma Greven (2007), para ser modularmente coordenado, um componente deve atender a três critérios básicos: seleção, correlação e intercambialidade.

- A seleção tem função de reduzir a variedade de tipos para atender às necessidades dos projetistas, simplificar as linhas de produção e facilitar a estocagem.
- A correlação visa definir as relações de reciprocidade que facilitam a disposição dos componentes.
- A intercambialidade assegura as condições que facilitam a montagem, estabelecendo critérios e normas para os ajustes e as tolerâncias.

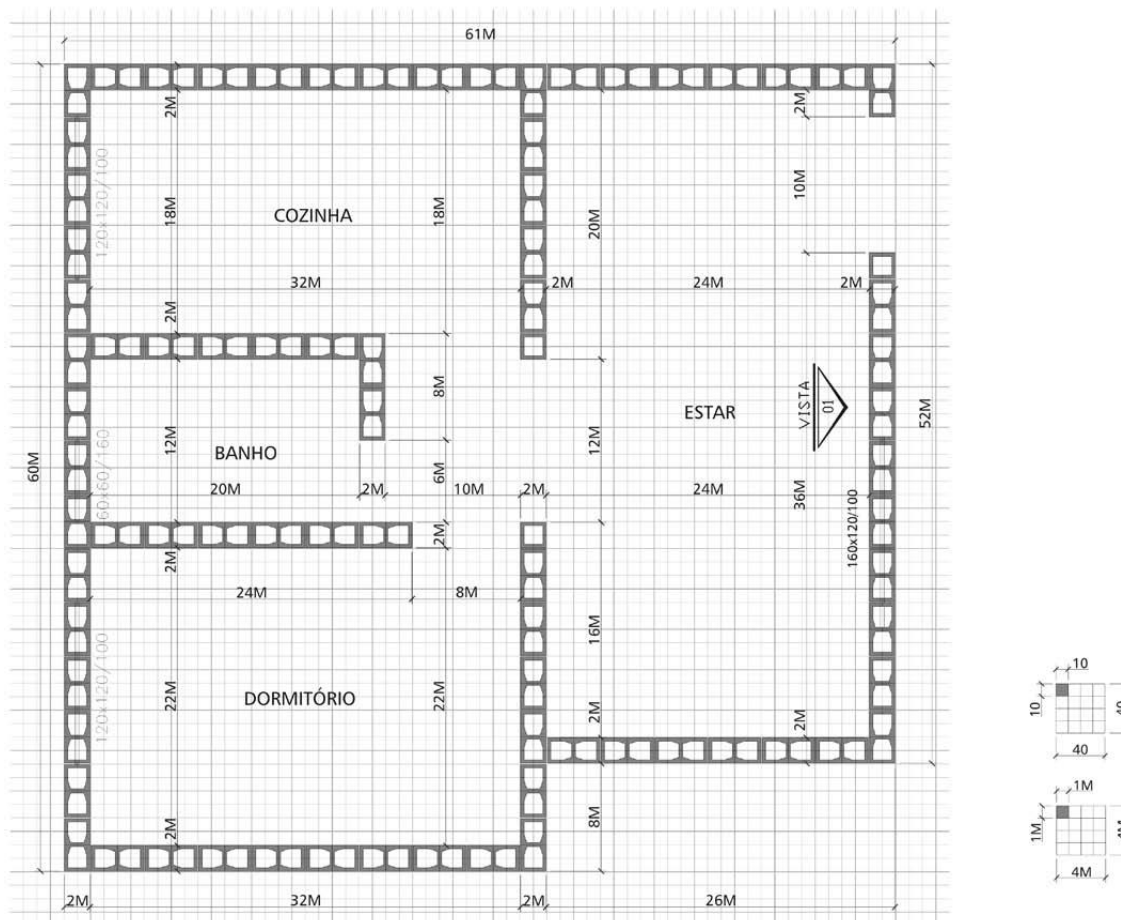
Estes três critérios asseguram as condições de somar e combinar os componentes. Este exemplo é demonstrado na figura 28, onde uma mesma

medida modular é aplicada de várias formas, a partir da combinação e adição de diversos componentes, com diferentes dimensões modulares.



**Figura 28** - Adição e combinação de componentes modulares  
**Fonte:** Baldauf (2004)

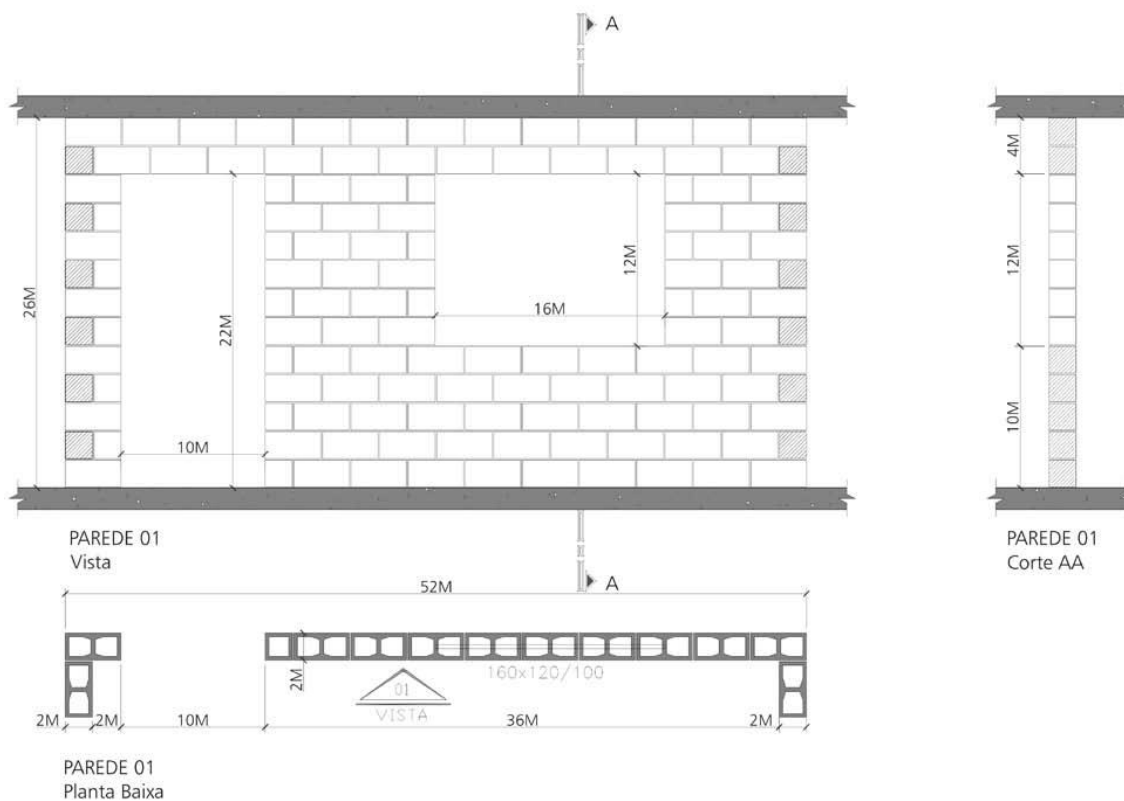
A seguir, é apresentada uma planta baixa modular a partir de blocos de espessura 2M, com dimensão nominal de 19cm e de comprimento 4M, com dimensão nominal de 39 cm, baseado no quadriculado modular de referência 1M x 1M. O projeto é cotado com a medida modular, ou seja, com a quantidade de módulos em cada parede, conforme a figura 29.



**Figura 29** - Planta baixa modular a partir de blocos  
**Fonte:** Baldauf (2004)

A figura 30 apresenta a parede 01, com a indicação de “Vista”, “Planta Baixa” e “Corte”.

Esta vista se refere à elevação da parede, mostrando o posicionamento exato de cada bloco e os vãos da janela e da porta, com suas respectivas medidas modulares.



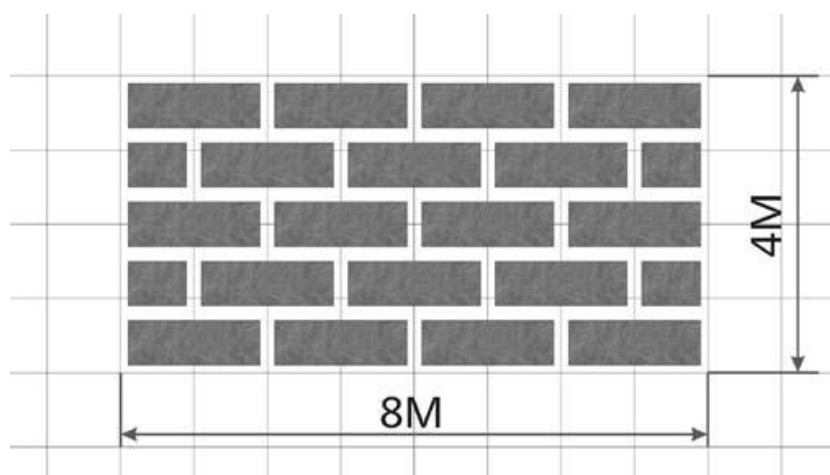
**Figura 30** - Elevação de parede executada em alvenaria modular de blocos  
**Fonte:** Baldauf (2004)

### 2.3.5.6 Conjuntos de peças e/ou produtos não modulares

Quando se utilizar peças ou produtos não modulares, utilizam-se a adição e a combinação destes, visando formatar uma dimensão modular.

A figura 31 exemplifica a utilização de tijolos com dimensões não modulares em altura, solucionando esta diferença com um número maior de fiadas (5), até alcançar uma dimensão modular (4M).

Este procedimento é válido quando quaisquer dimensões das peças e/ou produtos não forem modulares.



**Figura 31** - Conjunto modular composto de peças e/ou produtos não modulares

**Fonte:** Baldauf (2004)

#### 2.3.5.7 Zona neutra

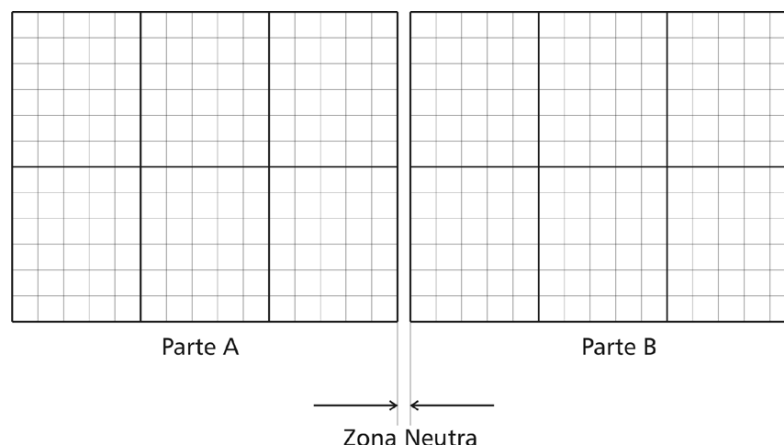
Segundo Greven (2007), em condições particulares de projeto, poderá ser adotada a separação de reticulados espaciais de referência por zonas não modulares, resultando quadriculados modulares de referência separados por medidas não modulares.

Por razões construtivas ou funcionais, em reticulados modulares espaciais de referência que necessitam ser separados entre si, a zona neutra desempenha este papel de separação.

Nesta zona, não há dependência da coordenação modular.

Portanto, quando existe a necessidade de separar uma edificação em partes independentes, com o emprego de juntas de dilatação, é apropriado manter o alinhamento dos reticulados espaciais de referência de cada parte, separando-os somente de acordo com estas juntas de dilatação, conforme ilustra a figura 32.

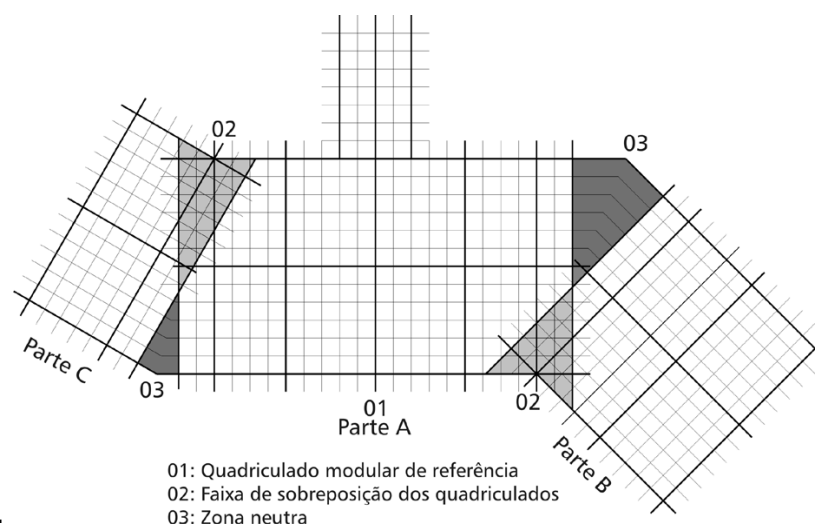
Exemplos típicos para utilização da zona neutra são as juntas de dilatação e união de blocos girados.



**Figura 32** - Zona neutra na junta de dilatação  
**Fonte:** Baldauf (2004).

Usa-se a zona neutra também, quando o projeto da edificação for composto de partes ou blocos não ortogonais entre si. Entretanto, haverá uma faixa de sobreposição dos quadriculados modulares de referência, conforme ilustra a figura 33.

No entanto, o emprego da zona neutra é reservado a casos de absoluta necessidade, pois se o seu uso generalizado levaria à anulação das reais vantagens de um único sistema de referência na elaboração de um projeto.

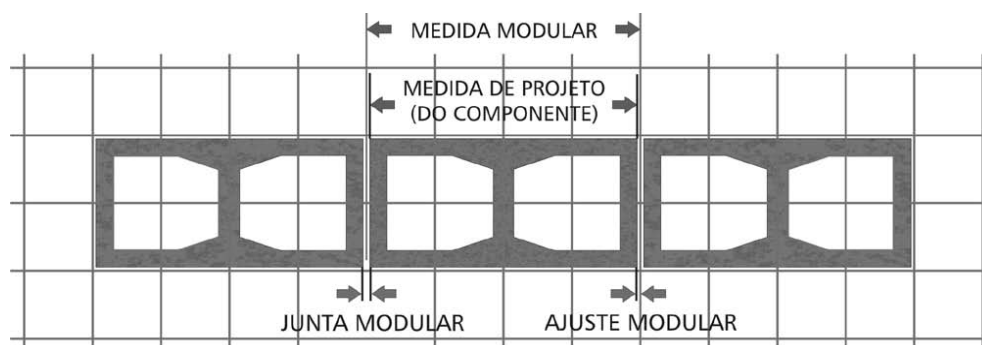


**Figura 33** - Zona neutra com blocos girados  
**Fonte:** Baldauf (2004).

### 2.3.5.8 Ajuste modular

Uma medida que relaciona a medida de projeto do componente com a medida modular, caracteriza-se como ajuste modular. Ele é representado por “aM”. O Ajuste modular estabelece a relação dos componentes da construção com o sistema de referência.

Permite definir com segurança os limites dimensionais dos elementos em função das exigências de associação ou montagem, conforme a figura 34.



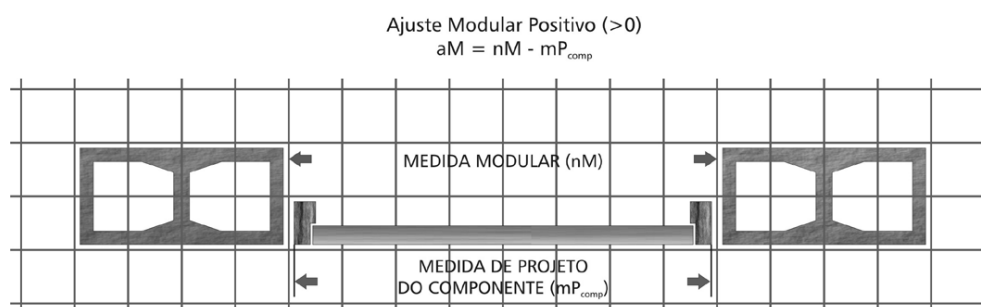
**Figura 34** - Medida modular, medida nominal, junta modular e ajuste modular  
**Fonte:** Greven (2007)

Entretanto, um componente de forma geométrica definida, está sujeito a variações de dimensões em relação às medidas modulares. Estas variações podem ocorrer devido erros de fabricação, posição, ou de dilatações, contrações e deformações resultadas de fenômenos físico-químicos.

Isto pode ocorrer após a montagem, portanto, faz-se necessário um dispositivo que permita absorver essas variações na união. Requisitos funcionais das juntas, por sua vez, podem obrigar a respeitar determinadas espessuras mínimas.

### 2.3.5.9 Ajuste modular positivo

Quando o espaço modular não é preenchido totalmente pelo componente, faz-se necessário a utilização do ajuste modular positivo. Na figura 35, a medida modular é maior que a medida de projeto do componente (porta). Nesse caso, a medida modular para a porta de madeira é 9M, o espaço obtido no vão entre os blocos cerâmicos é de 91 cm (medida modular + 1), e a medida de projeto do componente da porta será a medida modular diminuindo-se o ajuste necessário para a sua instalação. Para o ajuste modular positivo, tem-se, “ $aM = nM - mP_{comp}$ ” ou “ $aM > 0$ ”.

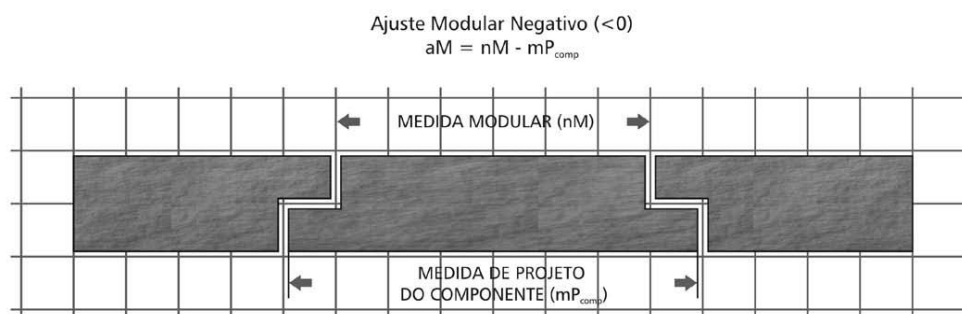


**Figura 35** - Ajuste modular positivo  
**Fonte:** Greven (2007)

### 2.3.5.10 Ajuste modular negativo

O ajuste modular negativo ocorre quando o espaço modular é extrapolado, como o exemplo da figura 36, onde o sistema de união dos painéis é feito por superposição.

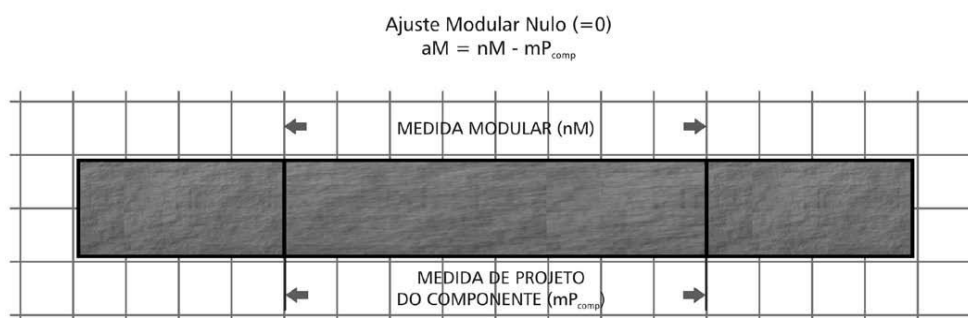
O ajuste modular é negativo, pois a medida modular ( $nM$ ) é menor que a medida de projeto do componente ( $mP_{comp}$ ). Para o ajuste modular negativo, tem-se, “ $aM = nM - mP_{comp}$ ” ou “ $aM < 0$ ”.



**Figura 36** - Ajuste modular negativo  
 Fonte: Greven (2007)

#### 2.3.5.11 Ajuste modular nulo

Quando a dimensão do componente coincide com a dimensão modular, o ajuste modular é nulo, ou seja, o componente ocupa integralmente o espaço modular. No exemplo da figura 37, os painéis se ajustam face a face, onde, se considera, que haja um ajuste modular nulo. Para o ajuste modular negativo tem-se, “ $aM = nM - mP_{comp}$ ” ou “ $aM = 0$ ”.



**Figura 37** - Ajuste modular nulo  
 Fonte: Greven (2007)

#### 2.3.5.12 Sistema de números preferenciais

Quando se utiliza um sistema modular de medidas, espontaneamente se realiza uma seleção de medidas. Mesmo assim, são

necessários outros instrumentos de seleção para otimizar o tipo e o número de formatos de cada componente.

Com isso, as séries de produção são reduzidas ao mínimo indispensável para atenderem às exigências de mercado e aos requisitos econômicos, mas sem perderem flexibilidade.

Greven e Baldauf (2007), afirmam que os números preferenciais são estabelecidos de forma apropriada em relação às características do sistema modular e de maneira a obedecer a regras numéricas seletivas e que permitam uma seleção organizada de dimensões.

O sistema de números preferenciais caracteriza-se por ter fixos os seus limites pelas características técnicas dos componentes e as razões econômicas de sua fabricação, pelo desempenho de sua função, por sua forma de união (junta entre componentes construtivos), e por sua possibilidade de dividir-se sem desperdício.

Neste sistema, ocorrerão as medidas preferíveis e as medidas preferidas, sendo que medidas preferíveis serão aquelas que melhor se ajustam aos princípios da coordenação modular.

Como exemplo, as janelas com largura fundamentadas no multimódulo planimétrico 3M: 30 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm, 180 cm e assim por diante. As medidas preferidas serão, entre as medidas preferíveis, aqueles tamanhos que o mercado de componentes utiliza com maior frequência.

## 2.4 ECO-DESIGN

A casa já foi conceituada como “máquina de morar” por Le Corbusier, onde as edificações e a cidade são as delimitações físicas dos caminhos e da vida dos homens, sempre com influência da sociedade de consumo. Os sistemas “naturais” e “artificiais” articulam-se eficientemente ante a ecologia, a informação, a comunicação e o equilíbrio do ecossistema para assegurar sobrevivência.

Segundo Manzano (2005), a construção civil consome, mais que qualquer outro ramo industrial, recursos naturais e conseqüentemente, é a maior

geradora de resíduos sólidos urbanos, o que torna difícil qualquer sociedade atingir o desenvolvimento sustentável sem que a construção civil passe por transformações.

Adam (2001), afirma que os ambientes, edifícios e cidades devem ser entendidos e conceituados como ecossistemas integrados, e que a produção deve ter caráter social antes de ser apenas técnica, podendo-se dizer que a arquitetura e tecnologia continuamente redefiniram uma à outra.

Desta forma, conclui-se que a arte de projetar deve considerar as responsabilidades sociais, a qualificação de uso energético, a ecotecnologia e a consciência ecológica, adotando e utilizando técnicas, materiais e sistemas construtivos ecologicamente corretos. Isto significa a criação da edificação integrada aos ecossistemas, num processo mútuo de interatividade e de comunidade.

Lengen (2004) exemplifica que uma ecotécnica é que faz a comunidade mais independente das indústrias de outras regiões. Quando uma indústria proporciona melhorias para a comunidade sem agredir o meio ambiente, pode-se dizer que ela se utiliza de ecotécnicas. Numa casa com ambiente agradável e energeticamente eficiente, percebe-se que foram utilizadas as ecotécnicas em seu planejamento e construção.

Outro exemplo, para se entender melhor o que Lengen (2004), caracteriza como ecotécnica, é o aquecimento de água com energia solar.

Algumas questões devem ser levantadas antes de se construir:

- A nova técnica satisfará as necessidades básicas das pessoas, como abrigo, alimentação, saúde e educação?
- Estarão sendo empregada mão-de-obra e materiais da região para a construção?
- Os valores tradicionais da comunidade serão preservados nesta nova técnica?
- A técnica é simples e se utiliza da criatividade das pessoas?
- A técnica consumirá materiais de fontes não renováveis ou contaminará o ambiente?
- A técnica irá melhorar o aspecto das edificações e do meio ambiente do entorno?

#### 2.4.1 Qualidade ambiental (QE) e/ou alta qualidade ambiental (HQE)

Qualidade ambiental (QE) ou alta qualidade ambiental (HQE), é descrita por Adam (2001) como sistemas de qualificação do edifício a partir de critérios ambientais.

Tem por objetivos a ecoconstrução (edifício e sua relação com seu entorno imediato), ecogestão (gestão de energia, água e resíduos, assim com sua manutenção e conservação), conforto (térmico, acústico, visual e olfativo), saúde (qualidade do ar, da água e saúde dos usuários) e a avaliação da produção de resíduos e sua reciclagem.

O sistema descrito possui uma espécie de gestão ou domínio, com grande difusão de informações, conectando sociedade, economia e meio ambiente, por meio da sensibilização de seus participantes e da avaliação dos métodos e da construção da edificação. Pode ser considerada também como bioconstrução. Esta, diz respeito ao relacionamento entre o edifício e a vida, considerando o impacto do edifício na saúde humana, aplicando conhecimento à construção que promovem a integração entre a vida humana e os outros tipos de vida.

Segundo Krzyzanowski (2005), em uma comunidade que visa a sustentabilidade, a qualidade de vida da população é priorizada em relação ao crescimento econômico ou o consumo imediato. Assim, esta comunidade garante a disponibilidade dos recursos naturais, já que busca viver em harmonia com o meio ambiente. Entretanto, não existe uma comunidade sustentável, mas existem caminhos a seguir para se aproximar dela.

E um dia tudo se transformara em resíduo, conforme afirma Rocha (2003), desde imóveis, automóveis, mobiliários, aviões e até pontes. E devem-se somar a este total, os resíduos do processo de extração de matérias-primas e produção de bens de consumo. Portanto, os resíduos gerados superam a quantidade de bens consumidos.

O fechamento do ciclo de produção, gerando novos produtos a partir da reciclagem de resíduos, se torna uma ótima alternativa, já que o desenvolvimento sustentável requer uma redução do consumo de matérias-primas naturais não renováveis.

Por isso, o desenvolvimento de tecnologias de reciclagem dos resíduos ambientalmente eficientes e seguras, deve resultar em produtos com desempenho técnico adequado e competitivamente econômico, tornando-se um desafio técnico importante.

## 2.5 RECICLAGEM DE RESÍDUOS

Os resíduos sólidos despejados no meio ambiente tornaram-se um sério problema nas grandes cidades brasileiras, sendo um grande causador do problema do lixo nas grandes cidades.

A deposição dos pneus sem destinação adequada, tais quais os resíduos de construção e demolição (RCD), os resíduos de pedreiras e o lixo doméstico, agrava o problema do passivo ambiental, resultado do processo de geração de resíduos ou lixos de difícil eliminação. Seguindo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos - ANIP (2008) o volume de produção (unidades de pneus) em 2007 foi de 57,3 milhões de unidades e o volume de vendas, incluindo produção e importação, foi de 63,1 milhões de unidades.

Ainda a ANIP (2008), em uma pesquisa realizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT e pela Secretaria de Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento Econômico e Turismo do Estado de São Paulo, mostra que, aproximadamente, 22 milhões de pneus são trocados anualmente no país. Destes, 46,8% são de pneus usados que podem retornar ao mercado para serem reutilizados nos veículos ou submetidos a algum tipo de reforma e 53,2% são de pneus inservíveis (sem nenhuma utilização).

Com relação aos pneus inservíveis, 26,5% do material tem destinação ambientalmente adequada e regulamentada, se transformando em combustível de fábricas de cimento, solados de sapatos, aproveitamento do negro de fumo, tapetes para carros, além de uso na construção civil. Atualmente é depositada indevidamente em aterros sanitários uma grande parte dos pneus não aproveitados, causando mais problemas devido à falta de espaço nos aterros e à dificuldade de degradação natural dos pneus.

Visando diminuir o passivo ambiental dos pneus inservíveis no país, o Conama publicou a Resolução Nº. 258, de 26 de Agosto de 1999, que trata da destinação final de pneus de forma ambientalmente adequada e segura, dispondo sobre a reciclagem, prazos de coleta, entre outros fatores.

Martins (2004), afirma que a reciclagem de pneus emprega a coleta, o transporte, a trituração e a separação de seus componentes (borracha, aço, nylon ou poliéster), transformando descartes em matéria prima para o mercado. Em seu estudo, o reaproveitamento destes pneus se constitui um desafio, dadas as suas particularidades de durabilidade, quantidade, volume e peso e, principalmente, dificuldade de propiciar uma destinação ecológica e economicamente viável. Portanto, mostra-se uma alternativa ambientalmente adequada, que pode apresentar reduções de volume deste resíduo em todo o mundo.

A utilização da reciclagem de pneus pode ser feita com baixos custos de equipamentos e instalações, diminuindo também o custo de transporte, minimizando de um modo geral o impacto causado com a deposição destes materiais no meio ambiente. As empresas de reciclagem de pneus geralmente comercializam as raspas de pneus que não terão utilidade na vulcanização dos pneus recauchutados.

Muito embora o descarte de pneus seja visto como grande causador de problemas, este material pode se constituir numa nova fonte geradora de materiais para construção civil na forma de raspas usadas como agregados para argamassas e concretos, mantas de isolamento acústico, pavimentação, contenção de encostas, entre outros.

Mas o entulho gerado não deve ser visto apenas como causador de problemas, muito embora hoje este seja usado basicamente no controle de aterros sanitários. Existe a possibilidade destes resíduos serem usados como uma nova fonte geradora de novos materiais.

A reciclagem de resíduos sólidos urbanos pode ser feita com baixos custos de equipamentos e instalações, diminuindo também o custo de seu transporte, minimizando de um modo geral, o impacto causado com a sua deposição no meio ambiente. Já existem propostas onde são utilizados materiais provenientes da borracha de pneus, por exemplo, para produzir concretos para pavimentação, contenção de encostas e para outras finalidades.

Interessantes alternativas de reutilização de resíduos estão sendo aplicadas e pesquisadas, dentre as quais a utilização em concretos e argamassas e pavimentação asfáltica, mangueiras, pistas de atletismo, isolantes acústicos, tapetes, mangueiras, tatames, gramas artificiais, entre outros.

Estas aplicações devem ser coordenadas por profissionais, adotando princípios de sustentabilidade, podendo ser fabricados em escala, preservando a qualidade do produto, a qualidade de sua aplicação e a preocupação com a preservação do meio ambiente.

A borracha, além de ser resistente e durável, absorve melhor o impacto das rodas dos veículos com o solo, fato este que torna o tráfego mais confortável quando aplicado na pavimentação asfáltica.

Os pneus em estado de meia vida, ou carcaças passíveis de recauchutagem, possuem valor positivo, já os pneus não passíveis de recuperação têm valor negativo, e os geradores da sucata normalmente pagam às empresas de limpeza urbana para o recebimento do material.

O problema com o descarte são os depósitos clandestinos e a sua deposição em terrenos urbanos e também em aterros sanitários. Conforme ilustra a figura 38, os pneus foram despejados em um terreno urbano, a céu aberto, e a figura 39 apresenta o descarte destes pneus em um aterro sanitário em Londrina - Pr.



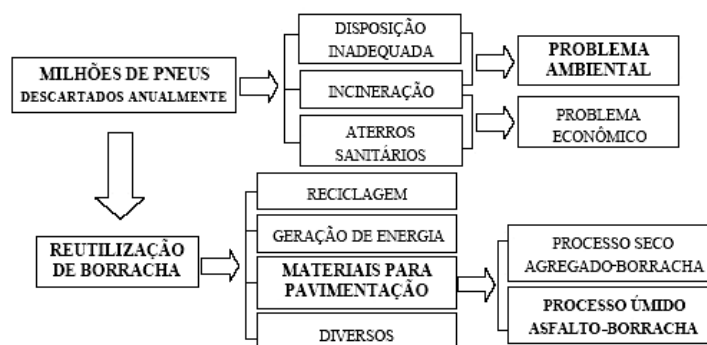
**Figura 38** – Descarte inadequado do pneu  
**Fonte:** COMLURB / RJ



**Figura 39** – Descarte inadequado do pneu, utilizado como dreno em aterro sanitário, em Londrina - Pr.

### 2.5.1 A destinação dos pneus usados

Segundo Martins (2004), a reciclagem de pneus envolve um ciclo que compreende a coleta, o transporte, a trituração e a separação de seus componentes (borracha, aço, náilon ou poliéster), transformando sucatas em matérias primas para o mercado. Cada recauchutador tem seu ciclo de coleta e trabalho. A figura 40 apresenta uma proposta de destinação final dos pneus descartados, com um fluxograma de processo substituindo a disposição inadequada ou incineração, que causam problemas ambientais e econômicos, pela reutilização da borracha, com a reciclagem, geração de energia e usos diversos.



**Figura 40** – Destinação do Pneu descartado.  
Fonte: COMLURB / RJ

### 2.5.2 Reaproveitamento de pneus

Os pneus passíveis de recauchutagem são submetidos a um processo de limpeza, escurificação, preparo, colagem da banda de rodagem e vulcanização, estando pronto o produto para rodagem. As raspas provenientes do trabalho de recauchutagem são vendidas a R\$60,00/TON ou R\$1,50/25Kg e são classificadas em finas, médias e grossas.

Após todo o trabalho de recauchutagem, as raspas que sobram com a escurificação dos pneus, são depositadas e vendidas a outras empresas.

### 2.5.3 Adição de borracha no concreto

Embora o concreto seja o material mais utilizado na construção civil, nem sempre atende a características como baixa massa específica, alta tenacidade e resistência ao impacto.

Várias tentativas têm sido feitas no sentido de melhorar algumas propriedades do concreto a partir da inclusão de rejeitos na sua composição, o que seria uma alternativa, tanto de caráter técnico, quanto de caráter ambiental. A borracha de pneu mostra ser uma alternativa deste quadro de rejeitos que pode ser reaproveitada.

A inclusão de borracha de pneu, se realizada a partir de um estudo que defina os principais parâmetros de sua utilização, pode melhorar algumas características do concreto, a exemplo da capacidade de absorver energia e impacto. Conforme Vita (2007), os concretos de alto desempenho com adição de resíduos de borracha de pneu apresentam elevada durabilidade.

Katuta & Morales (2007), verificaram que a substituição de 7,5% da massa de areia por raspas de pneus foi a que apresentou resultados mais satisfatórios em termos do desempenho mecânico do concreto quanto à resistência à compressão.

Entretanto, Yoneyama & Morales (2002), constataram que quando a quantidade de borracha aumenta de 15% para 20%, as características do

concreto se modificam, tornando a mistura e a moldagem dos corpos de prova mais difícil, com prejuízo da qualidade do acabamento do corpo de prova.

Akasaki (2002), constata que estes elementos podem favorecer o sistema construtivo por se constituírem em materiais mais leves, econômicos e ecologicamente corretos, contribuindo na diminuição do impacto ambiental, e o uso das raspas em blocos apresentou resultados satisfatórios utilizando uma quantidade suficiente de resíduos na composição do concreto, sem que a mesma diminua exageradamente a resistência dos blocos. Também se constata que este tipo de bloco apresenta condições técnicas para competir com o bloco de concreto tradicional, demonstrando um campo a ser mais explorado pelas indústrias de blocos.

#### 2.5.4 Bloco de concreto com adição de borracha e finos de basalto

Segundo Akasaki (2002), os resíduos da recauchutagem de pneus podem ser definidos como resíduos sólidos particularmente intratáveis, já que sua decomposição pode levar até 240 anos. Embora existam oportunidades para reciclagem dos resíduos de pneus, o mercado brasileiro está longe de conseguí-lo, visto a enorme quantidade deste material que é acumulada.

Ainda segundo Akasaki (2002), na metodologia para composição de blocos de concreto com adição de borracha, foram consideradas a análise granulométrica e a massa específica dos materiais envolvidos, a areia, a brita e as raspas de pneus.

Com relação à variação das quantidades de brita e areia nas composições de concreto, afirma que na fabricação dos blocos a menor variação destes materiais pode comprometer a dosagem.

Com estes dados, objetivo era atingir a resistência mínima dos blocos de concreto com adição de borracha, uma vez que a finalidade do trabalho era tratar a questão ambiental por meio de uma contribuição para a deposição final deste material.

Concluiu-se que para o bloco estrutural, a quantidade considerada suficiente de resíduos na composição do concreto, sem que o mesmo viesse a

diminuir a resistência dos blocos e ao mesmo tempo consumir o limite máximo de cimento adotado, é de 13% (volume) em substituição de areia por raspas de pneus.

De acordo com esta análise global, pode-se dizer que este tipo de bloco apresenta capacidade técnica correspondente com o bloco de concreto tradicional, evidenciando um campo a ser mais explorado futuramente pelas indústrias de blocos (Akasaki, 2002).

Segundo Lopes (2005), os finos de basalto agregados ao concreto produzido, contribuem para aumento da resistência à compressão através do aumento no fator de empacotamento, ou seja, no preenchimento dos vazios, chamado efeito filer.

### 3. MÉTODO DO TRABALHO

Este capítulo apresenta uma descrição do método utilizado. Foram analisados os procedimentos projetuais segundo a coordenação modular para o seu desenvolvimento. Posteriormente é apresentado o delineamento do processo de pesquisa em concreto com adição de borracha e a descrição das etapas e dos métodos e técnicas para a coleta dos dados empregados, fornecendo embasamento para o desenvolvimento da proposta do projeto apresentado.

#### 3.1 O MÓDULO

Neste trabalho será adotada como medida modular o decímetro (10 cm), conhecido como módulo-base, representado universalmente por “M”, sendo que desde 1950 é adotado no Brasil com a publicação da NB-25R. O módulo será fixado segundo a NBR 5706 da ABNT-1977.

Será adotado o reticulado modular espacial de referência, com quadriculados modulares M, sendo a medida adotada o multimódulo 3M para a coordenação planimétrica e para a coordenação altimétrica, com posição lateral dos blocos. O sistema de referência proposto neste trabalho se caracteriza por pontos, linhas e planos, ao qual ficam determinadas em relação à posição e a medida de cada componente da construção, possibilitando sua conjugação racional no todo ou em parte.

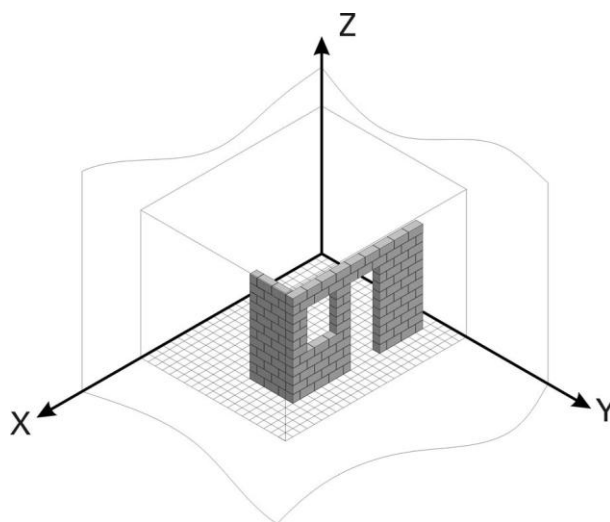
Com este sistema, se estabelece o plano horizontal de referência, definido pelos eixos cartesianos ortogonais x e y, e por dois planos verticais de referência, definidos pelos eixos cartesianos ortogonais x, y e z.

Greven e Baldauf (2007), afirmam que o sistema de referência deve ser utilizado desde o momento de se projetar os componentes ou edificações até o momento de sua execução, onde, em seu traçado, resolve as relações entre todos os componentes, resultando na exata correspondência entre as medidas nominais dos vãos ou componentes.

Outro elemento básico do sistema de referência é o reticulado modular espacial de referência, podendo ser chamado também de malha modular.

O reticulado modular espacial de referência é constituído por linhas de interseção de um sistema de planos separados entre si por uma distância igual ao módulo e paralelo a três planos ortogonais dois a dois, configurando uma malha espacial para referência no posicionamento dos componentes da construção, das juntas e dos acabamentos.

A figura 41 ilustra como os componentes ficam locados na malha espacial, demonstrando como a coordenação modular prevê e assegura a organização dos espaços na construção civil.



**Figura 41** - Reticulado modular espacial de referência

**Fonte:** Greven (2007)

Para o desenvolvimento do projeto, foram utilizados programas computacionais, sendo utilizado o programa com plataforma AutoCAD para desenvolvimento do projeto dos blocos e da unidade habitacional com coordenadas X e Y, para desenhos em plantas, cortes e elevações. Posteriormente, foram exportados os arquivos gerados nesta plataforma para desenvolvimento dos blocos e da proposta em 3D, nos planos X, Y e Z, possibilitando a visualização, tanto dos blocos, como das fôrmas para execução destes blocos e, finalmente para visualização e entendimento do projeto, uma maquete eletrônica da unidade habitacional.

## 3.2 PRODUÇÃO DO CONCRETO COM BORRACHA

### 3.2.1 Materiais e métodos

Para estudar o desempenho do concreto foi elaborado um programa experimental utilizando um concreto de referência e traços alternativos com substituição parcial da areia natural por raspas de pneus provenientes da recauchutagem de pneus inservíveis, para a produção dos concretos com raspas de pneus - CCRP. A avaliação do desempenho dos concretos foi realizada por meio dos ensaios de abatimento, resistência à compressão simples e resistência à tração por compressão.

Os materiais utilizados foram: areia média silicosa de rio, cimento Portland CPV-ARI, raspas de pneus proveniente da recauchutagem de pneus inservíveis passados pela peneira 4,76mm e retidos na peneira 0,59mm, finos de pedra basáltica passante na peneira 0,15mm, água proveniente da rede pública de abastecimento, finos de pedra e aditivo superplastificante a base de éter policarboxílico (Glenium 51 MBT), o que lhe garante resultados bem superiores aos superplastificantes à base de melanina ou naftaleno sulfonato .

### 3.2.2 Raspas de pneus

Para a caracterização de materiais utilizados no trabalho, foi feito um levantamento documental e bibliográfico das informações disponíveis através de trabalhos técnicos, assim como visitação a empresas do segmento de recauchutagem que desenvolvem a reciclagem e comercializam este produto (borracha de pneus).

Os pneus são recolhidos pelas empresas e selecionados para recapagem, e, quando não selecionadas, as carcaças são destinadas a outra empresa para trituração, obtendo a borracha necessária para manufatura de outros materiais.

Esta borracha, já raspada ou escarificada, não passa por processo de seleção antes de ser armazenada e, após, fica mantida em depósitos ensacada. Após a coleta, as amostras foram transportadas até a o Laboratório de Materiais da Universidade Estadual de Londrina, onde passaram por um processo de peneiramento para posterior análise granulométrica, escolha e seleção do material a ser empregado no trabalho, conforme as figuras 42, 43 e 44.



**Figura 42** - Borracha retida na peneira 4,76mm.



**Figura 43** - Borracha retida na peneira 0,59 mm.



**Figura 44** - Borracha passante na peneira 0,59mm.

### 3.2.3 Amostras do concreto

Optou-se por analisar corpos de prova cilíndricos de concreto, com as seguintes dimensões: Ø10x20cm, conforme a NBR 5738 (ABNT, 1994), para ensaios de compressão simples, e corpos de prova cilíndricos com Ø15x30cm, para o teste de tração por compressão diametral.

### 3.2.4 Traço

O traço unitário em massa utilizado foi 1: 2: 3. A relação água/cimento 0,50 e 0,60 de acordo com a substituição de areia por raspas de pneus e finos de britagem. Os corpos de prova foram mantidos em câmara úmida, ao ar, durante 7 dias. Optou-se por cinco traços de concretos com substituições da areia por raspas de pneus em 10%, 15%, 20%, 25% e 30%, conforme a tabela 6.

Destes, o de melhor desempenho, recebe adição de 5% de finos na massa de brita. O concreto de referência foi designado **CONC REF** e os concretos com substituição de parte da areia por raspas de pneus por **CCRP** seguido da porcentagem de substituição em relação à massa original, e posteriormente, foram adicionados finos de pedra basáltica no teor de 5% do valor total do volume de britas dos traços, sendo designados como **CCRPF**.

**Tabela 6** - Traço dos concretos analisados para 06 corpos de prova

CONCRETO	Cimento	Areia	Finos	Brita	Borracha	Água	Aditivo
REFERÊNCIA	1	2	0	3	0	0,5	0,5
CCRP-10%	1	1,90	0	3	0,10	0,5	0,5
CCRP-15%	1	1,85	0	3	0,15	0,5	0,5
CCRP-20%	1	1,80	0	3	0,20	0,6	1
CCRP-25%	1	1,75	0	3	0,25	0,6	1
CCRP-30%	1	1,70	0	3	0,30	0,6	1
CCRPF	1	1,80	0	3	0,20	0,6	1

Foram descartadas as frações de raspas retidas na peneira 4,76mm, utilizada as frações que passarem na peneira 4,76mm e ficaram retidas na peneira 0,59mm, descartadas as raspas passantes na peneira 0,59mm.

Foram utilizados os finos de britagem passante na peneira 0,15mm.

### 3.2.5 Produção do Concreto e Moldagem

Para a mistura dos componentes foi utilizada uma betoneira com capacidade nominal de 120 litros, sendo os insumos pesados em balança digital com precisão de 10g. Primeiramente, foi adicionado o total de brita e metade da água, seguido dos agregados miúdos e do restante da água, sendo o aditivo plastificante adicionado na água de amassamento. A betoneira foi acionada por 1 minuto, a fim de promover a mistura entre a água e a brita, e, em seguida adicionados o cimento, a areia e o restante da água, girando a betoneira por mais 3 minutos. Para os traços contendo a borracha, a adição de raspas foi feita juntamente com a areia, e os finos foram adicionados juntamente com o cimento.

Após o amassamento, foi realizado o ensaio de abatimento (Slump test) do concreto no estado fresco para a verificação da trabalhabilidade. Na seqüência, a moldagem dos corpos de prova para os ensaios de resistência à tração e resistência à compressão, após curados em câmara úmida ao ar.

### 3.2.6 Ruptura

Após 7 dias em câmara úmida, os corpos de prova foram submetidos à ruptura por compressão simples e tração por compressão diametral, em Prensa Hidráulica com capacidade de 2000 kN.

Os ensaios devem obedecer à norma de resistência à compressão axial NBR 5739/94 e resistência à tração por compressão diametral a norma NBR 7222/94, conforme as figuras 45 e 46.



**Figura 45** - Ensaio de resistência mecânica à compressão simples.



**Figura 46** - Ensaio de resistência mecânica por compressão diametral.

### 3.2.7 Ensaio de absorção

Para o ensaio de absorção, os corpos-de-prova foram secos em estufa, sendo que após a secagem por 24 horas, os corpos-de-prova foram mergulhados em recipiente cheio de água, à temperatura ambiente pelo período de 24 horas. A seguir, foram removidos e colocados sobre uma malha de arame, durante um minuto, após este processo, foi enxuto com auxílio de uma toalha e pesado.

## 3.3 PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO

### 3.3.1 Materiais e método

Adotou-se a NBR 6136/1994, a qual estabelece as condições exigíveis para a aceitação de blocos vazados de concreto simples, confeccionados com cimento Portland, água e agregados minerais, com ou sem inclusão de outros materiais, destinados à execução de alvenaria estrutural.

A partir de estudos anteriores, pode-se concluir que, em função da trabalhabilidade e resistência do concreto proposto, o valor de substituição de borracha por areia no concreto utilizado, deve estar entre 10% e 20% em relação à massa de areia para cada composição.

Os blocos possuem dimensões coordenadas para a execução de alvenarias modulares, ou seja, alvenarias com dimensões múltiplas do módulo  $M = 10$  cm.

Foram utilizadas garrafas PET como um dos elementos dos moldes para estes blocos, conforme mostra a figura 47, sendo que estas fôrmas serão reutilizáveis, para posteriores testes com diferentes amostras de concretos.



**Figura 47** – Fôrmas em madeira.

### 3.3.2 Medidas dos blocos

Os padrões seguidos como referência para a produção dos blocos propostos, são apresentados na tabela 7, que apresenta os requisitos necessários de classificação de resistência aos blocos de concreto, com especificações dos valores de  $f_{ck}$  em MPa segundo a Norma NBR 6136/94 da ABNT.

**Tabela 7** – Valores de  $f_{ck}$  para blocos de concreto.

Valores mínimos de $f_{ck}$ (MPa)		
Classe de resistência	Classe AE	Classe BE
4,5	— <sup>(A)</sup>	4,5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15
16	16	16

<sup>(A)</sup> Classe de resistência não permitida para blocos classe AE.

**Fonte:** NBR 6136/1994.

As medidas dos blocos a serem utilizados no presente trabalho, seguirão as medidas da Norma NBR 6136/2006 da ABNT, seguindo os padrões da família de blocos designada M-15, pois o processo produtivo na utilização destes blocos deve-se ao fato de ser utilizado para sua confecção garrafas PET como contra-fôrmas, sendo que o vazio formado no bloco, com dimensão diametral  $\varnothing = 10\text{cm}$ , será onde devera passar as tubulações hidráulicas e elétricas, e devido a este fator, serão confeccionados blocos com as seguintes dimensões (comprimento x largura x altura):

- Meio bloco - 140x140x190 mm.
- Bloco inteiro - 290x140x190mm.
- Bloco de amarração T - 440x140x190mm.

Estes dados, com as medidas especificadas para cada tipo de bloco, podem ser observados na tabela 8.

**Tabela 8** – Valores nominais de medidas para blocos de concreto

Famílias de blocos											
Designação	Nominal	20		15		12,5		10		7,5	
	Módulo	M- 20		M-15		M – 12,5		M - 10		M- 7,5	
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha	20	15	15x	12,5x	12,5	12,5x	10x	10x3	10x	7,5x
		x40	x40	30	40	x25	37,5	40	0	30	40
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90	65
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	390
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90	-
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-	40

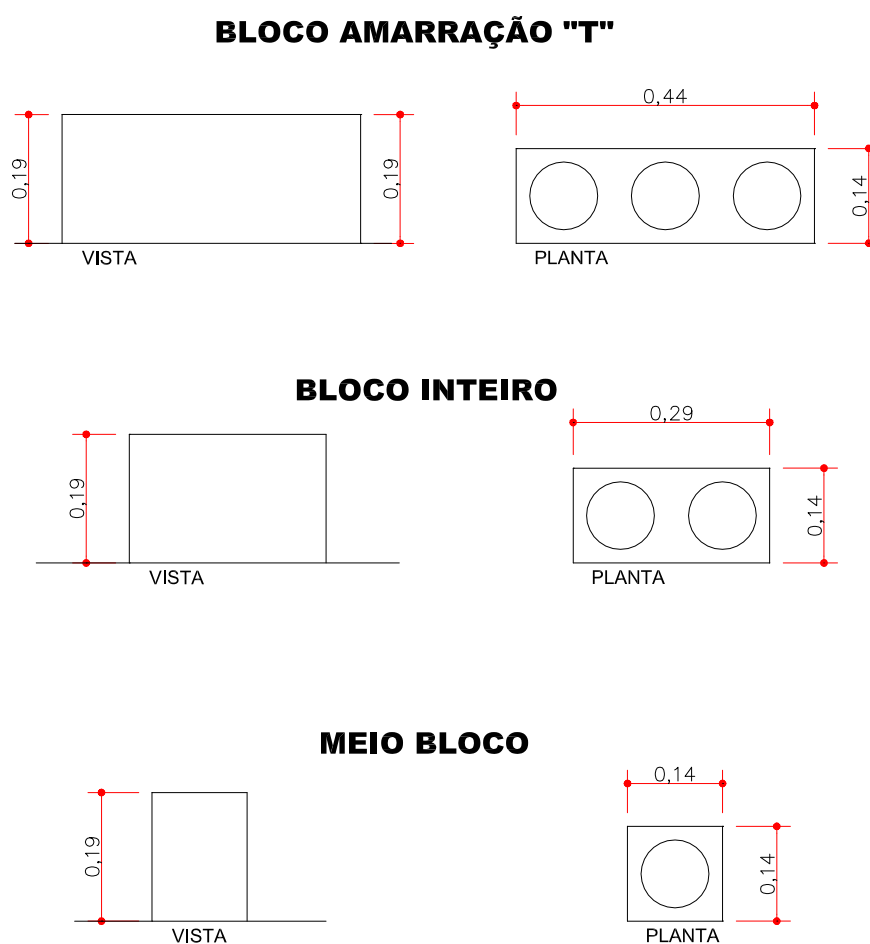
NOTA: As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados na tabela são de  $\pm 2,0$  mm para largura e  $\pm 3,0$  mm para altura e para comprimento.

Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com as ABNT NBR 5706 e ABNT NBR 5726.

**Fonte:** NBR 6136/2006.

### 3.3.3 Fôrmas dos blocos

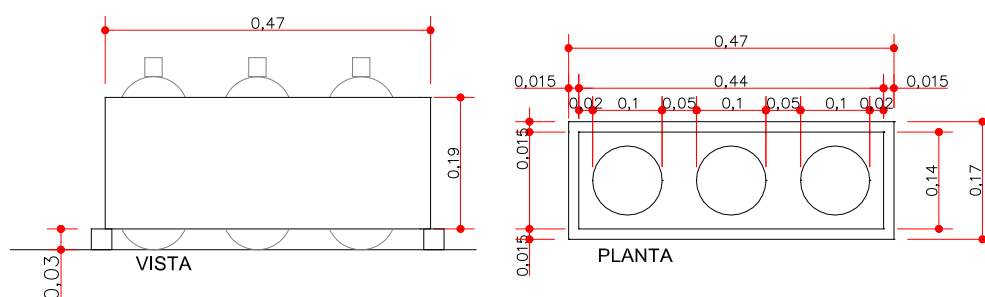
Os blocos propostos, segundo os padrões da ABNT da família M-15, possuem dimensões pré-estabelecidas, sendo que estes blocos possuem características próprias, por utilizar em sua moldagem as garrafas PET, formando um desenho interno circular, para passagem de tubulações elétricas e hidráulicas e preenchimento de concreto, tornando a estrutura mais resistente, conforme a figura 48.



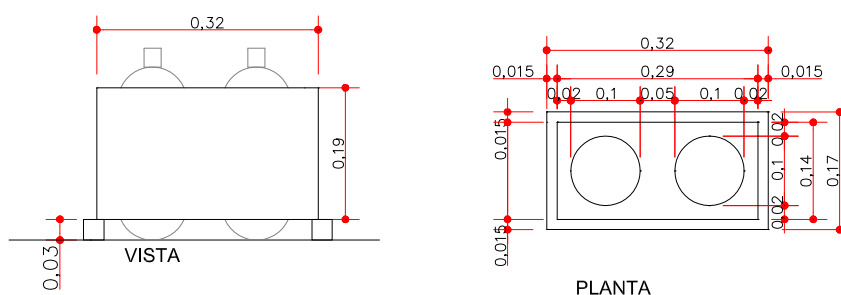
**Figura 48** – Tipos e dimensões dos blocos.

A primeira etapa para produção destes blocos foi moldá-los graficamente em programa computacional, na Plataforma AutoCAD, com modelos em planta baixa, conforme a figura 49.

### FÔRMA DO BLOCO AMARRAÇÃO "T"



### FÔRMA DO BLOCO INTEIRO



### FÔRMA DO MEIO BLOCO



**Figura 49** – Tipos e dimensões das fôrmas dos blocos.

Posteriormente, para melhor entendimento destes elementos, foram executados desenhos do bloco e da fôrma, ainda na plataforma AutoCAD, mas em formato 3D, conforme a figura 50 e figura 51, e do sistema de encaixe das garrafas PET com a fôrma de moldagem do bloco, conforme a figura 52.



**Figura 50** – Modelos dos blocos em 3D.



**Figura 51** – Modelo das fôrmas em 3D.



**Figura 52** – Processo de produção em 3D.

Com este processo de modelagem dos protótipos por computação gráfica, foi possível analisar problemas de encaixes e medidas, inclusive no processo projetual da unidade habitacional, para posterior montagem sem que ocorressem dificuldades de execução destes moldes em tamanho real.

Após este processo computacional, foi mais fácil o entendimento do processo de montagem dos protótipos das formas para execução dos blocos, onde seriam utilizados madeira, pregos e garrafas PET, para poder analisar se seria possível a reutilização das garrafas.

Para executar as fôrmas dos blocos, foram utilizadas tábuas de compensado de 15 mm, serradas e montadas no Laboratório de Maquetes da Universidade Estadual de Londrina.

Foram executadas as fôrmas dos três modelos de blocos a propostos, ou sejam, bloco de amarração “T” na Figura 53, o bloco inteiro nas figuras 54 e 55 e o meio bloco na figura 56.



**Figura 53** – Vista frontal das fôrmas em madeira do bloco “T”.



**Figura 54** – vista superior das fôrmas em madeira do bloco inteiro.



**Figura 55** – Vista frontal das fôrmas em madeira do bloco inteiro.



**Figura 56** – Vista superior das fôrmas em madeira do meio bloco.

### 3.3.4 Moldagem dos blocos

Os blocos foram moldados utilizando o traço que melhor se adequar às normas.

As fôrmas foram preenchidas com os concretos, sendo utilizada a moldagem manual visando à produção artesanal dos blocos, conforme ilustra a figura 57.

Após 24 horas de secagem, os blocos foram desmoldados, e as fôrmas foram reutilizadas, assim como as garrafas PET. Deve-se tomar cuidado de preencher as garrafas com água e tampá-las.

Os blocos desmoldados, permaneceram em câmara úmida por 7 dias, onde após este período foram realizados ensaios de compressão axial e compressão diametral, sendo ainda analisado visualmente o aspecto do acabamento superficial dos blocos.



**Figura 57** – Vista lateral das fôrmas com concreto moldadas.

### 3.4 RESULTADOS

#### 3.4.1 Trabalhabilidade

Os resultados da avaliação da trabalhabilidade, determinada através do Ensaio de Abatimento (Slump Test), do tronco de cone, podem ser observada na tabela 9.

**Tabela 9** - Abatimento do cone

TRAÇO	ABATIMENTO (mm)	ADITIVO (ml) *
REFERÊNCIA	60	0,5%
CCRP-10%	50	1,0%
CCRP-15%	43	1,0%
CCRP-20%	36	1,0%
CCRP-25%	85	1,0%
CCRP-30%	30	1,0%

( \* ) % de aditivo super plastificante em relação à massa de cimento.

No concreto de referência foi utilizado um teor de **0,5%** de aditivo em relação à massa de cimento e a relação água/cimento foi de **0,50**. Nos concretos com adição de **10%**, **15%** e **20%** de adição de borracha foi utilizada uma quantidade maior de aditivo em relação ao concreto de referência, ou seja, **1%** com relação à massa de cimento, mas manteve-se o valor da relação água/cimento nos mesmos patamares do concreto de referência, para ajustar a trabalhabilidade.

Desta maneira o **CCRP15** apresentou um menor abatimento de tronco de cone em relação ao **CCRP 10**. Mesmo com o uso do super plastificante em todos os traços, o concreto com **20%** de borracha apresentou menor trabalhabilidade, dificultando a moldagem dos corpos de prova.

A relação água-cimento dos concretos acrescidos de borracha manteve-se constante (da ordem de 0,50) nos traços com substituição de **10%**, **15%** e **20%**, com relação ao do traço referencia.

Comparados os traços **CCRP-10%**, **CCRP-15%**, **CCRP-20%**, **CCRP-25%** e **CCRP-30%**, percebe-se que, quanto maior a quantidade de borracha adicionada à mistura, menor a taxa de abatimento. Foi observado também que, os traços contendo maior quantidade de borracha, necessitaram de maior quantidade de água de amassamento. Desta forma, foi adotado o valor da relação água/cimento dos traços **CCRP-25%** e **CCRP-30%**.

### 3.4.2 Massa específica do concreto

Foi determinada a massa específica dos corpos de prova para se obter um parâmetro da redução de massa provocada pela substituição de areia por raspas de pneus.

Foi constatado que, adicionando maior quantidade de raspas de pneus aos concretos, houve uma redução na massa específica, se comparada ao concreto de referência, conforme a tabela 10.

**Tabela 10** – Valores da massa específica ( $\delta$ ) dos concretos.

LEITURA (fc7)	CONC REF (g/cm <sup>3</sup> )	CCRP10% (g/cm <sup>3</sup> )	CCRP15% (g/cm <sup>3</sup> )	CCRP20% (g/cm <sup>3</sup> )	CCRP25% (g/cm <sup>3</sup> )	CCRP30% (g/cm <sup>3</sup> )
$\delta$	2,42	2,30	2,24	2,14	1,98	1,84
Redução (%)	-	4,96	7,44	11,57	18,18	23,97

### 3.4.3 Resistência à Compressão

Nos testes de avaliação de resistência à compressão, os valores obtidos são apresentados na tabela 11.

**Tabela 11** – Resultados obtidos nos testes de compressão simples em corpos de prova cilíndricos.

LEITURA (fc7)	CONC REF (MPa)	CCRP10% (MPa)	CCRP15% (MPa)	CCRP20% (MPa)	CCRP25% (MPa)	CCRP30% (MPa)
MÉDIA	31,1	15,0	12,2	7,0	4,0	4,0
CCRPF	-	-	-	8,3	-	-

Os resultados dos testes de resistência à tração por compressão diametral, são apresentados na tabela 12.

**Tabela 12** - Resultados obtidos nos testes de tração por compressão diametral em corpos de prova cilíndricos.

LEITURA (fc7)	CONC REF (MPa)	CCRP10% (MPa)	CCRP10% (MPa)	CCRP10% (MPa)	CCRP10% (MPa)	CCRP30% (MPa)
Comp. Diam.	4,1	2,4	2,0	1,5	0,8	0,7

Realizada a montagem das fôrmas, foi executado o concreto com composição de 20% de substituição de areia por raspas de pneus, e posteriormente com adição de 5% de finos de britagem em relação ao volume de britas, onde os concretos foram moldados, e após sua desmoldagem, foram reaproveitadas as fôrmas para produção de novos blocos, conforme as figuras 58 e 59.

**Figura 58** – Desmoldagem dos blocos.



**Figura 59** – Reaproveitamento das fôrmas de moldagem.

Após o período de 7 dias, foram feitos os testes de compressão nos blocos, os quais apresentaram rugosidade superficial em seu aspecto final, conforme pode ser constatado por avaliação visual do meio bloco segundo a figura 60 e no bloco “T”, conforme ilustra a figura 61.



**Figura 60** – Meio bloco.



**Figura 61** – Bloco “T”.

A proposta do formato dos blocos serem coordenados e modulados facilita sua aplicação, sendo que as aberturas internas circulares servem de condutores para passagem de tubulações hidráulicas e elétricas, conforme a figura 62.



**Figura 62** – Encaixe dos blocos.

Nos testes de compressão dos blocos, os valores obtidos na tabela 12 definiram as cargas que servirão de parâmetro para os testes, nos quais foram adicionadas as porcentagens das raspas de pneus.

Foram produzidos blocos com substituição de 20% de areia por raspas de pneus, sendo feito blocos com dimensão de **140X140X190(mm)** e outro bloco com **140x440x190(mm)**, destes sem adição de finos de pedra basáltica, denominado **CCRP20%**.

Posteriormente, com o propósito de avaliar concretos executados com adição de outros resíduos, foram produzidos blocos com substituição de areia por raspas de pneus com adição de 5% de finos de pedra basáltica no valor de britas do composto, denominado de **CCRPF**.

**Tabela 13** – Resultados obtidos nos testes de compressão simples em corpos de prova dos blocos de concreto

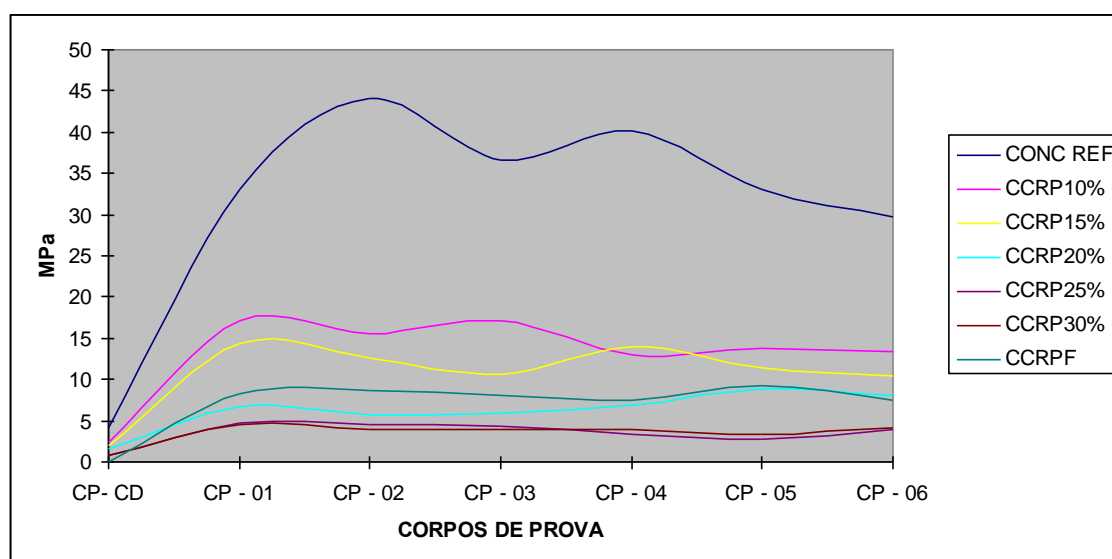
<b>LEITURA</b> <b>(fc7)</b>	<b>BLOCO (140x140x190)</b> <b>(MPa)</b>	<b>BLOCO (140x440x190)</b> <b>(MPa)</b>
<b>CCRP20%</b>	<b>3,6</b>	<b>2,95</b>
<b>CCRPF</b>	<b>6,7</b>	<b>5,34</b>

#### 3.4.4 Análise dos resultados

Nos resultados de resistência à compressão simples, assim como nos de resistência à tração por compressão diametral, observou-se decréscimo nos valores comparando as misturas contendo borracha com a mistura do concreto de referência.

O concreto de referência manteve uma média de resistência a compressão de **31,1 MPa (CONCRETE)** aos sete dias, sendo que o concreto com **10%** de substituição de raspas de pneus em sua composição (**CCRP10%**), apresentou a média de **15,0MPa**, com **15%** de substituição de raspas (**CCRP10%**),

a média de **12,2MPa**, com **20%** de substituição de raspas na composição (**CCRP25%**), a média de **7,0MPa**, com **25%** de substituição (**CCRP25%**), a média de **4,0MPa** e a mesma média de **4,0MPa** substituindo **30%** de raspas em sua composição (**CCRP30%**), sendo que concretos com **20%** de substituição de areia por raspas de pneus e **5%** de adição de finos de pedra basáltica em relação ao volume de britas, apresentaram média final de **8,3MPa**, conforme pode ser constatado na figura 63.



**Figura 63** - Curva de tensão na ruptura dos corpos de prova cilíndricos à compressão.

Os concretos **CCRP25%** e **CCRP30%** apresentaram valores abaixo de resistência à compressão comparados aos valores sugeridos na norma da ABNT, ficando com valor de **4,0MPa**. Também não se conseguiu uma boa trabalhabilidade, dificultando a moldagem dos corpos-de-prova nestes traços.

Os blocos de concreto confeccionados com porcentagem de **20%** de substituição de areia por raspas de pneus apresentaram resistência média de compressão de **7,0MPa**, valor superior ao estabelecido pela Norma da ABNT, portanto podem ser utilizados com blocos estruturais.

Os blocos de concreto produzidos com **20%** raspas de pneus e adição de **5%** de finos de britagem basáltica, apresentaram resistência média de

**8,3MPa**, obtendo-se um resultado satisfatório, demonstrando melhor desempenho final do concreto com a adição deste componente.

Para chegar aos valores de teor de umidade, foi realizado teste de absorção no corpo de prova cilíndrico do concreto **CCRPF** (20% de substituição de areia por raspas e adição e 5% de finos de pedreira), sendo que o resultado de massa de 3,26Kg no corpo de prova seco, e com massa de 3,47Kg no corpo de prova úmido, onde **Mh** = massa do corpo de prova úmido e **Ms** = massa do corpo de prova seco, sendo utilizada a fórmula:

$$\text{Absorção} = (Mh - Ms) \cdot 100 / Ms$$

$$\text{Absorção} = ( 3,47 - 3,26 ) \cdot 100 / 3,26 = 6,44\%.$$

Os concretos submetidos ao ensaio de absorção apresentaram uma absorção de 6,44%.

## 4. PROPOSTA DA UNIDADE HABITACIONAL

### 4.1 DEFINIÇÃO PROJETUAL

Por se tratar do desenvolvimento de uma proposta de projeto, onde é utilizado o sistema construtivo com blocos de concreto, a proposta destina-se a população de baixa renda, buscando atender os critérios mínimos de melhores condições de moradia. Foi considerado como partido projetual para a proposta do projeto habitacional do presente trabalho, as residências do Conjunto Habitacional “José Tavares”, na cidade de Campo Grande, pois este foi entregue recentemente e já demonstra mudanças em sua estrutura original.

Foram também considerados, na elaboração do projeto, critérios relativos à funcionalidade, acessibilidade, execução e possível ampliação da unidade habitacional. Para definir o método utilizado e delimitar os critérios a serem utilizados na concepção do processo construtivo e projetual da habitação, embasou-se na revisão bibliográfica, nos trabalhos de pesquisa, e experimentos realizados no tema que permeiam a coordenação modular, habitações de interesse social e também de resíduos sólidos urbanos.

A definição do sistema construtivo foi delineada conforme as necessidades constatadas com relação ao desperdício de materiais se comparado ao método tradicional utilizado na região onde o trabalho está sendo proposto.

A partir da proposta de projeto e sistema construtivo definidos, foi possível determinar detalhes construtivos e tipologia da unidade habitacional, assim como materiais empregados, dimensões e modelos de blocos, estrutura da cobertura, dentre outros.

Conforme Figuerola (2008), uma edificação sustentável é um edifício que considera desde o projeto o ciclo de vida dos materiais utilizados, consumindo menos energia, água e outros recursos naturais, desde sua construção, operação e manutenção, quantificando os impactos causados no meio ambiente e a saúde humana.

E para a edificação ser sustentável, deve ser concebida desde o projeto, desenvolvida por uma equipe multidisciplinar integrada trabalhando em



## 4.2 CONCEPÇÃO E PROPOSTA

Foi constatado na revisão bibliográfica que as unidades habitacionais sofrem alterações, sejam por necessidades de aumento de áreas ou de caráter estético. A partir destas constatações, foi determinada a utilização do sistema construtivo proposto, o qual possibilita a ampliação da residência com custos reduzidos, sem interferir na estética da edificação e sem grandes dificuldades técnicas para futuras ampliações.

Com estas características, foi adotado no processo projetual a utilização de cobertura com águas independentes, facilitando a ampliação da residência sem interferir na estrutura já edificada. Esta metodologia de processo construtivo a partir do projeto, com a possibilidade de ampliação do projeto-base, visa proporcionar flexibilidade à edificação.

Desta forma, cada usuário poderá interferir na edificação, alterando o projeto, pois foi desenvolvido um sistema construtivo passível destas modificações, sem o uso de diferentes tecnologias e seguindo um padrão estético e construtivo adequado.

Devido a estas características, se privilegiam alguns requisitos como a possibilidade de ampliação sem prejudicar a ventilação e iluminação de ambientes já existentes, a possibilidade de execução pelos próprios moradores e a facilidade de manutenção da edificação.

Por ser um sistema construtivo de fácil execução, possibilita maior aceitação entre a população, por não se tratar do modo construtivo convencional, usualmente nominado como “casa de material”.

A vantagem deste sistema construtivo, com possibilidades de ampliação e reformas, gerando o mínimo possível de resíduos, é que o projeto se enquadra nas características de sustentabilidade e menor impacto ambiental.

Conforme constatado na revisão bibliográfica, a necessidade dos moradores sofreu evoluções ao longo do tempo, alterando a divisão interna dos ambientes e afetando também a área de cada ambiente.

Segundo Manzano (2007), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a União Internacional de Organizações Familiares (UIOF), consideram a composição familiar com um mínimo de 03 pessoas.

Conforme a COHAB – Londrina, na tabela 14, a média de pessoas que ocupa uma unidade habitacional em alguns conjuntos da cidade de Londrina, confirma estes valores, pois a média de moradores por habitação está em torno de 3,3 hab/res.

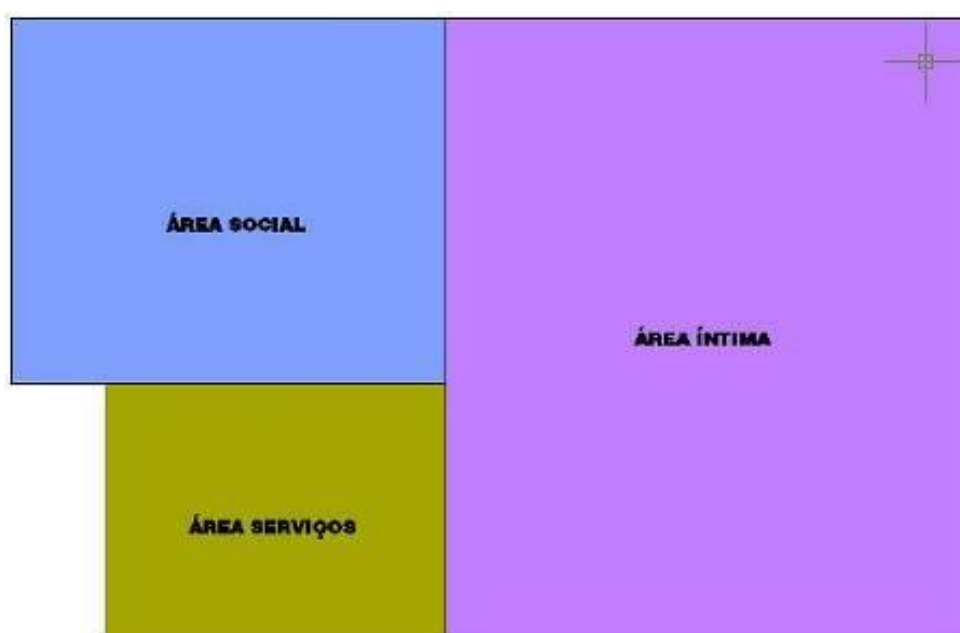
**Tabela 14** - Dados dos conjuntos habitacionais em Londrina – PR nos últimos 25 anos.

ANO	CONJUNTO	ÁREA M2	POPULAÇÃO	UNIDADES
1992	HILDA MANDARINO	23,03	2193	731
2001	AURORA TROPICAL	57,86	612	204
2000	ILHA BELA	25,20	1080	360
1989	ALEXANDRE URBANAS	22,73	1500	500
1993	JAMILE DEQUECH	21,07	1218	393
1988	JOSE M. BARROSO	35,71	1407	469

**Fonte:** Adaptado COHAB Londrina

Com base nestes dados, optou-se por projetar uma edificação com 02 dormitórios, em virtude da proposta ser uma edificação que poderá ser ampliada conforme a necessidade do morador, não comprometendo as funções destinadas a cada ambiente.

A edificação foi elaborada por áreas de convívio distintas, sendo separadas em três áreas, conforme sua utilização, ou sejam: social, íntima e de serviços, conforme a figura 65.



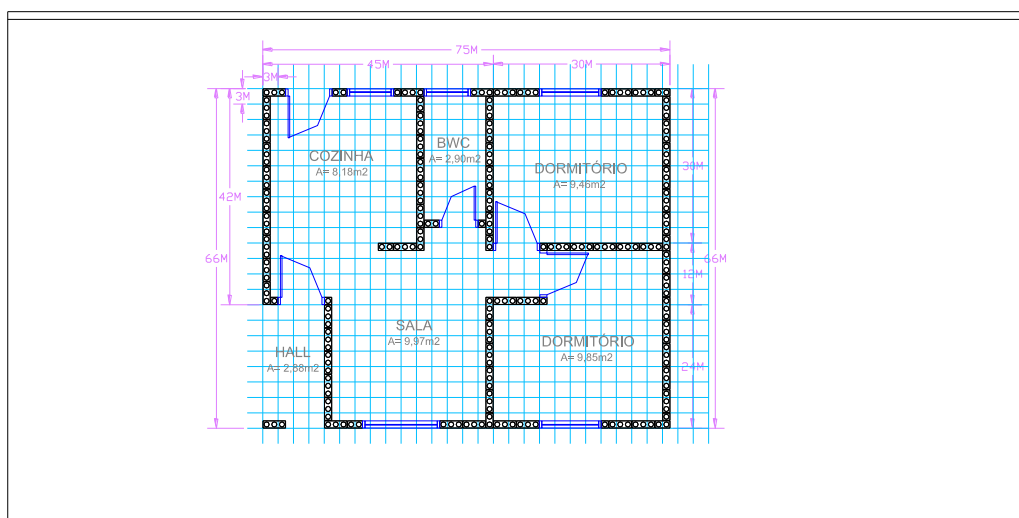
**Figura 65** - Divisão das áreas setoriais.

Em função dos dados obtidos anteriormente, a proposta do projeto foi baseada em quatro ocupantes por unidade habitacional.

Considerando que cada família tem suas próprias características, a edificação poderá ser ampliada conforme a necessidade e o crescimento da família, pois o projeto concebido segundo os princípios da coordenação modular permite a adequação posterior, e se tratando de habitação de interesse social, a proposta utiliza elementos e componentes construtivos disponíveis no mercado local.

Neste trabalho, optou-se por trabalhar com o reticulado modular decimétrico, onde a malha direciona o processo de execução da edificação, organizando os espaços, utilizando os ajustes e juntas modulares para aplicação dos blocos na modulação. Para locação dos blocos na proposta, foi determinado como posicionamento do componente ao quadriculado modular a “posição lateral”, e o conjunto modular referencia adotado no programa adotado no quadriculado modular no valor de M e 3M, onde o quadriculado do projeto esta no valor de 3M, e suas variantes. O módulo habitacional foi desenvolvido segundo a coordenação modular, com um programa de unidade habitacional com blocos de concreto com adição raspas de pneus e resíduos de pedreiras.

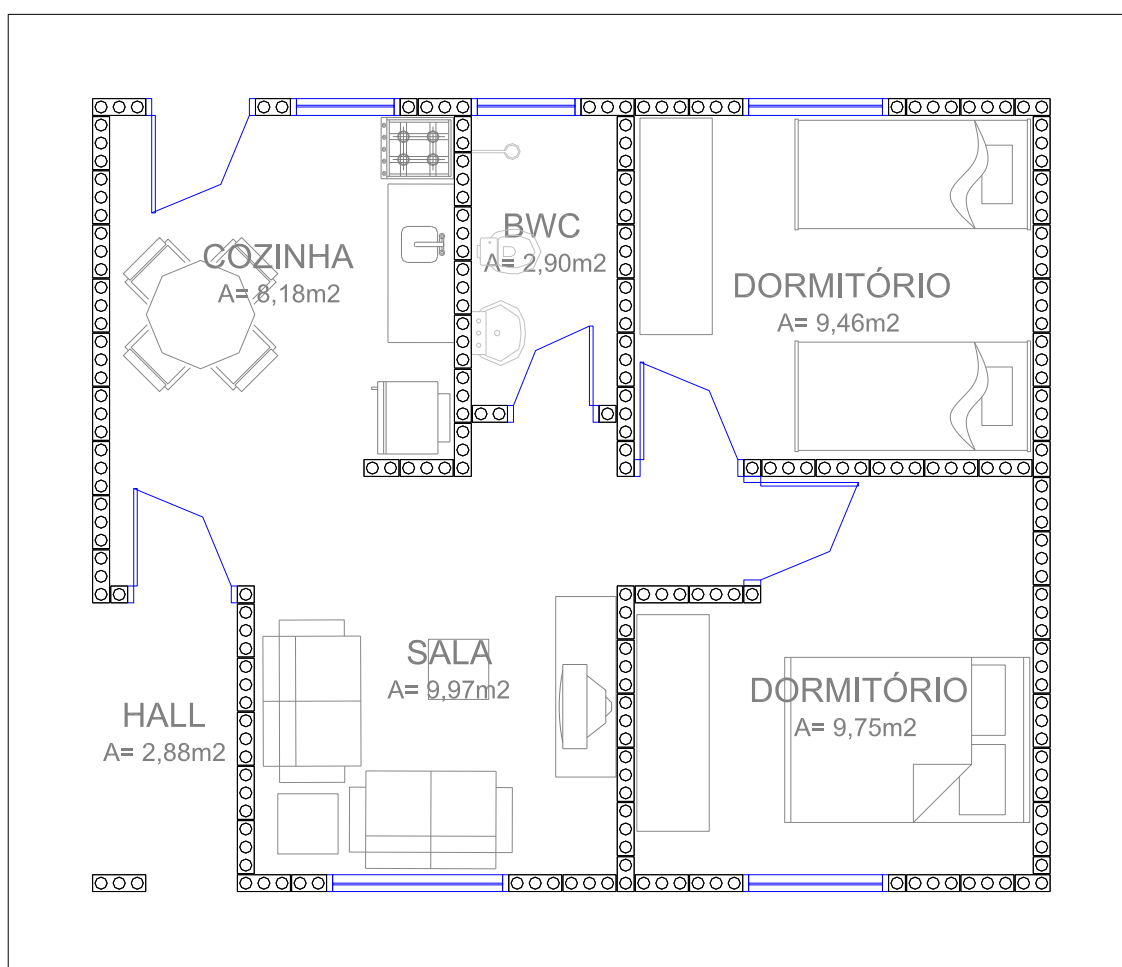
A edificação segue a medida decimétrica de 10cm, caracterizado por M, com módulos de 3M com extensão nas laterais de 7.94x6.59m, num total de 52,31m<sup>2</sup> de área construída na proposta da planta baixa básica, conforme a figura 66.



**Figura 66** – Planta baixa do projeto base.

A proposta da unidade habitacional compreende uma sala de estar, uma cozinha, um banheiro e dois dormitórios, embasados no Código de Obras da Cidade de Londrina, Lei nº281/1955 – Capítulo II / Seção I – Art. 89 A. As aberturas para ventilação e iluminação dos ambientes internos da edificação obedecem as normas também apresentadas por este mesmo Código de Obras.

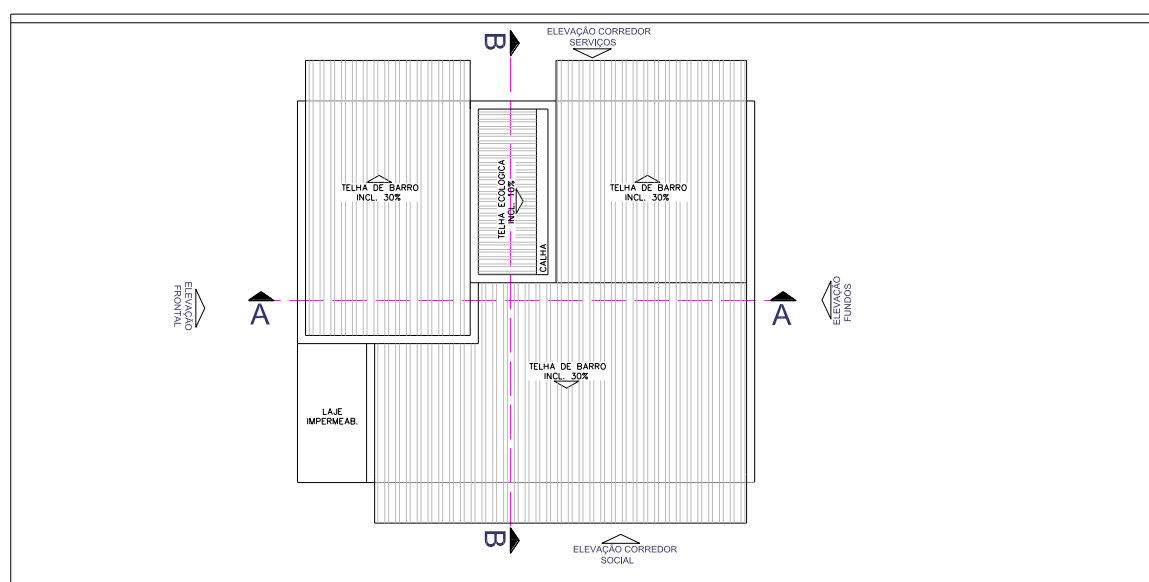
Conforme indicado anteriormente, a proposta desta unidade habitacional é comportar uma família com 04 integrantes. A figura 67 apresenta a planta baixa com o lay-out de sugestão de disposição do mobiliário.



**Figura 67** – Planta lay-out do projeto base.

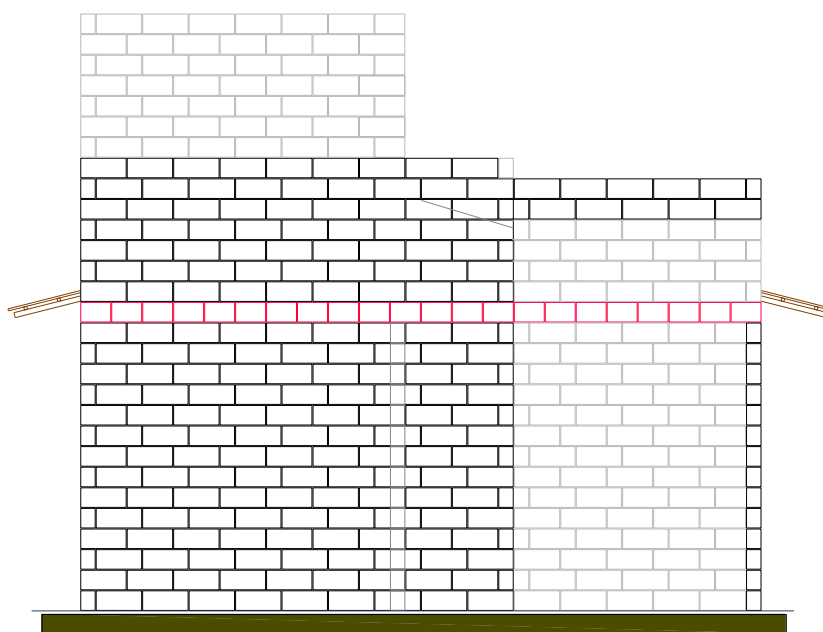
Conforme constatado na revisão bibliográfica e no projeto referência, a proposta apresenta a possibilidade de aumento de área da habitação, conforme a necessidade do morador, podendo haver o acréscimo de 01 dormitório, obtendo assim, uma área de aumento de 11,31m<sup>2</sup>, que, somado com a área já existente, totaliza esta primeira fase de ampliação de área construída para 63,62 m<sup>2</sup>.

Para executar a cobertura, as águas do telhado terão diferentes caimentos, separados por módulos (social, serviços e íntimo) na edificação, conforme demonstra a figura 68.

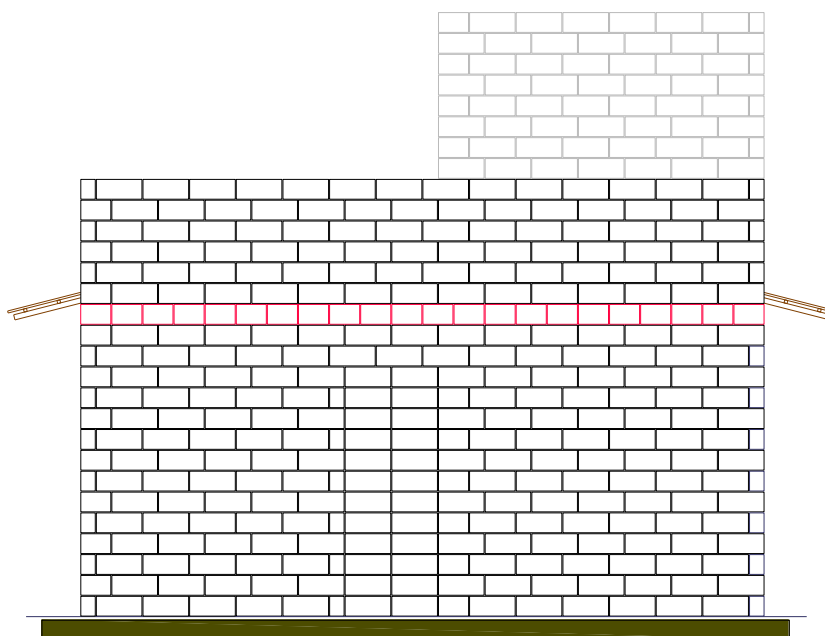


**Figura 68** – Planta de cobertura e implantação.

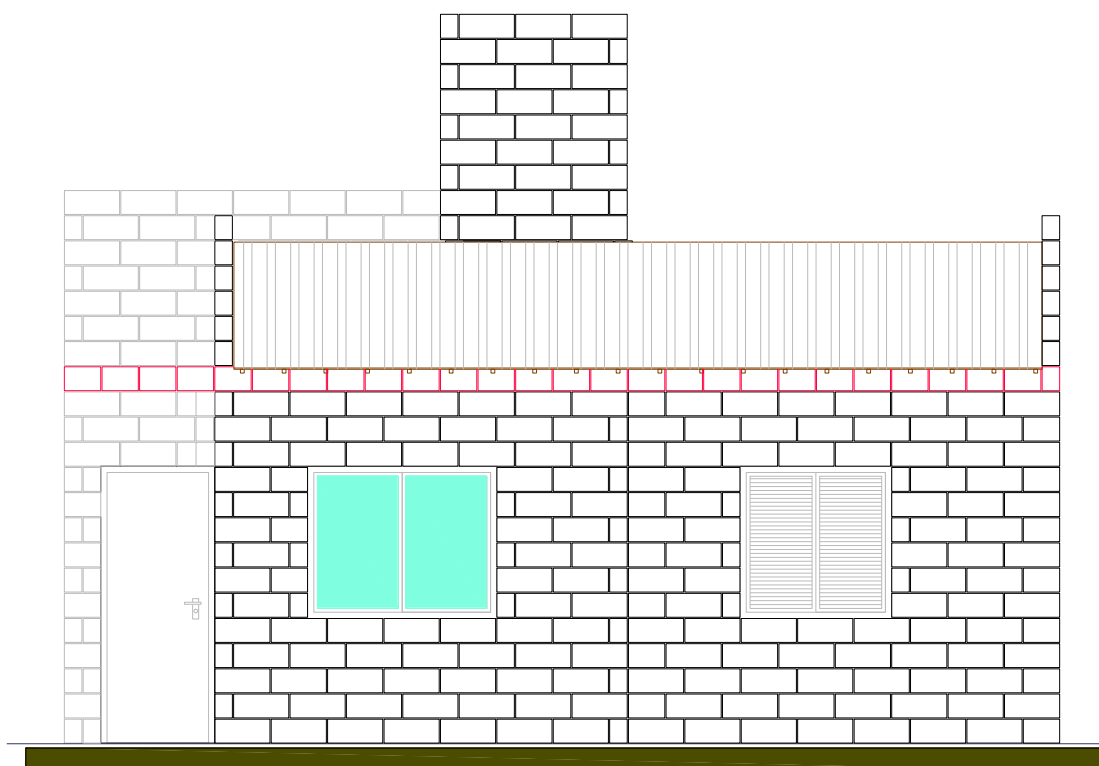
A cobertura águas distintas, descartando o uso de águas furtadas e calhas, elementos que podem encarecer uma obra. Podem ser notadas estas características, tanto na planta de cobertura, como nas elevações frontal, fundo, lateral do corredor social e do corredor de serviços, conforme as figuras 69, 70, 71 e 72, assim como nos cortes AA e BB, nas figuras 73 e 74.



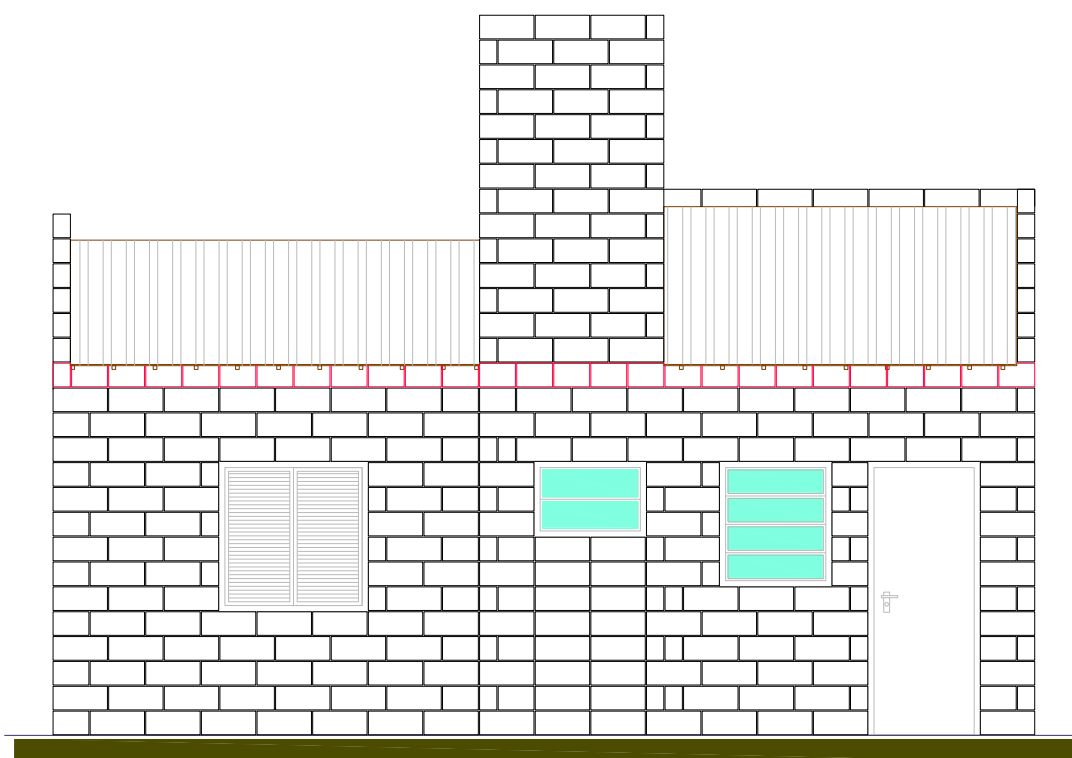
**Figura 69** – Elevação frontal.



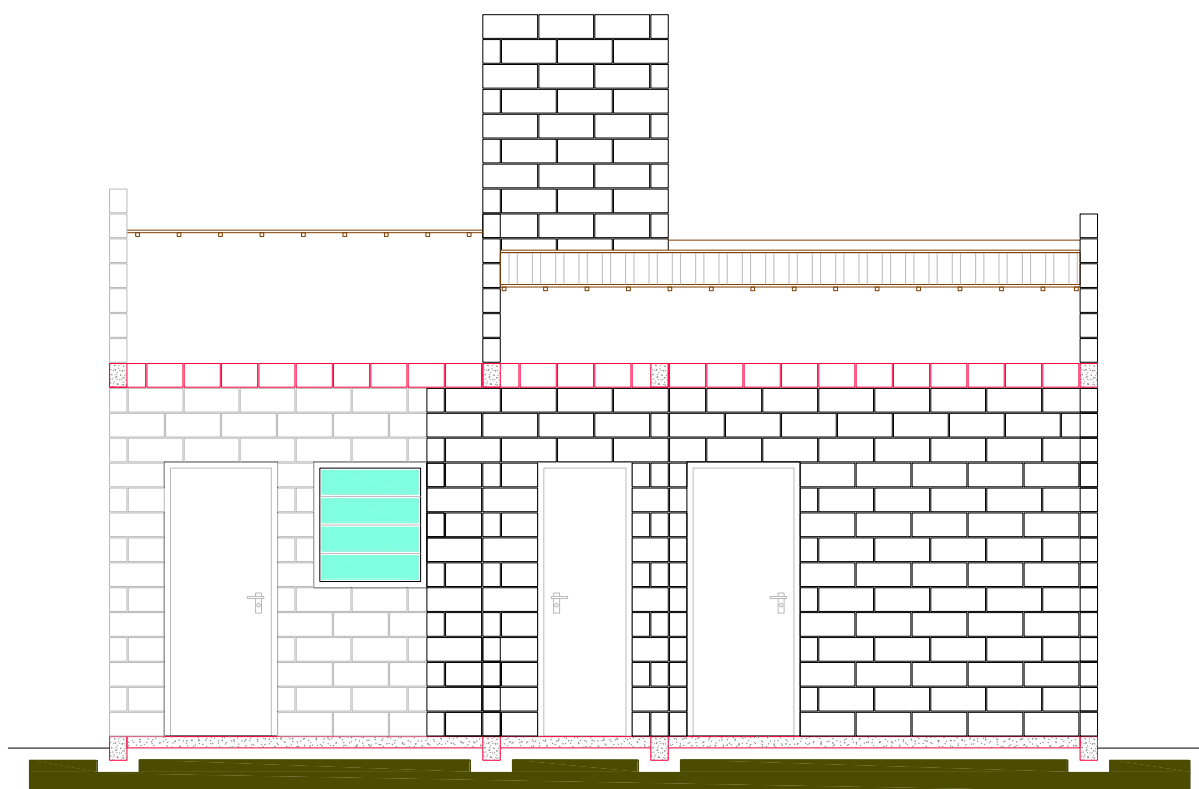
**Figura 70** – Elevação do fundo.



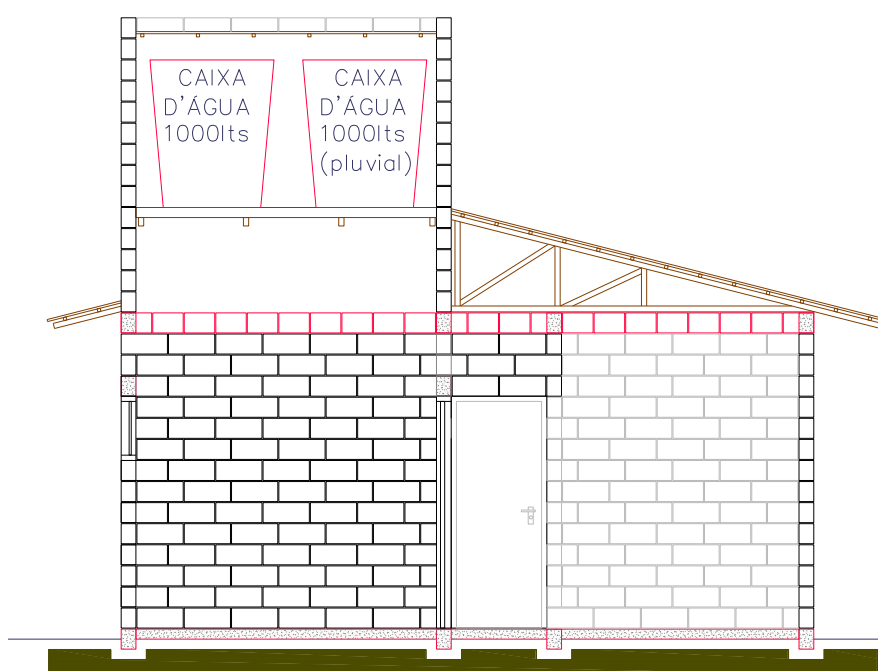
**Figura 71** – Elevação corredor social.



**Figura 72** – Elevação corredor serviços.

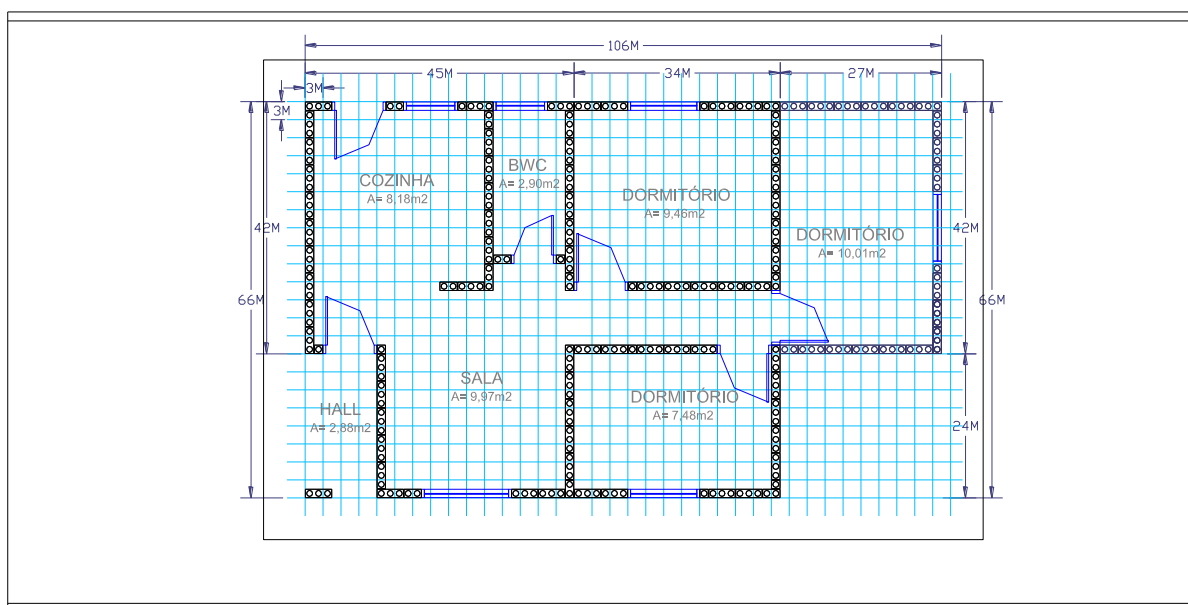


**Figura 73 – Corte A-A.**



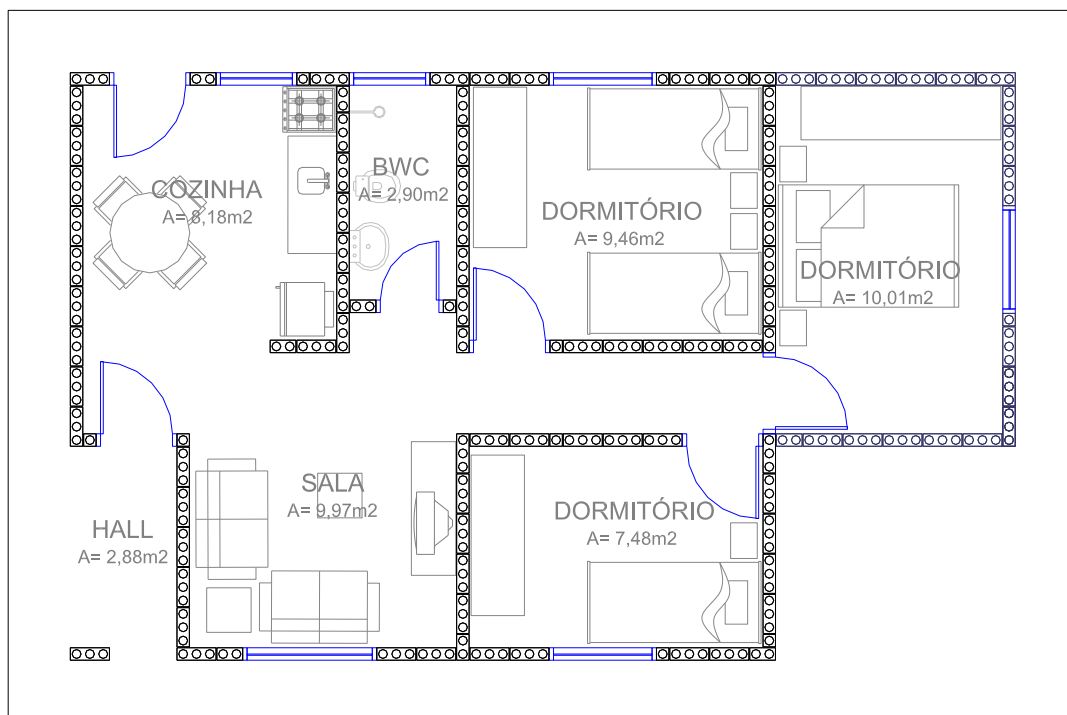
**Figura 74 – Corte B-B.**

Como a proposta considera a possibilidade de ampliar a edificação, nesta ampliação serão retirados os blocos onde será posicionada a nova porta deste novo ambiente, o dormitório de casal, e feito o fechamento do antigo dormitório de casal, com o hall interno do dormitório de casal no projeto base, se transformando no corredor de circulação da área íntima, conforme a figura 75.

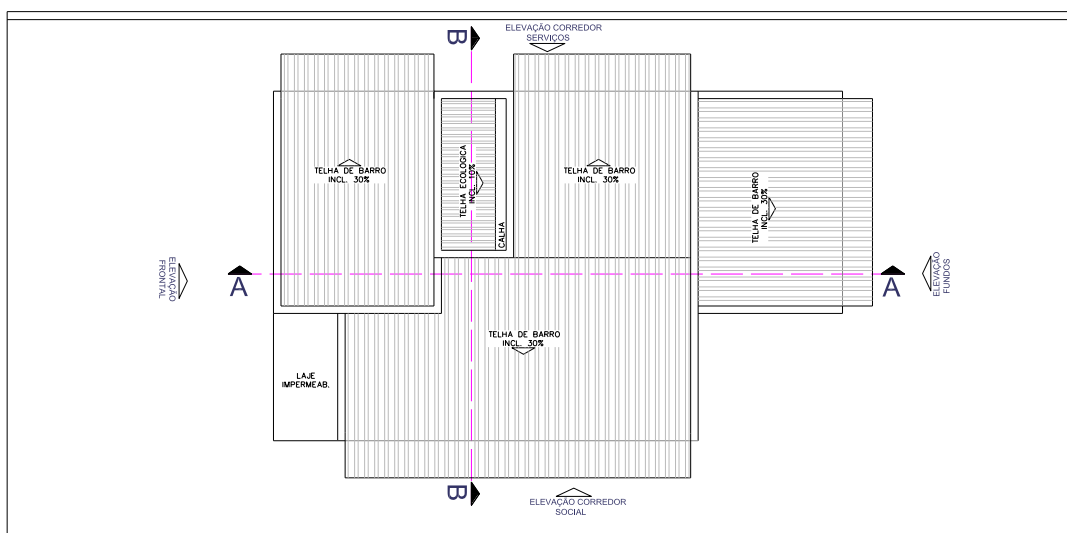


**Figura 75** – Planta baixa (1ª ampliação).

Apesar da proposta inicial ser a de comportar uma família com 04 integrantes, com esta ampliação, o antigo dormitório do casal acomodar uma cama de solteiro ou até mesmo um beliche, conforme sugestão de disposição do mobiliário da figura 76, e a montagem da estrutura da cobertura, independente estruturalmente do corpo da casa, conforme a figura 77.



**Figura 76** – Planta lay-out (1ª ampliação).



**Figura 77** – Planta cobertura (1ª ampliação).

Este novo quarto pode ainda receber um banheiro, transformando assim, o quarto do casal em uma suíte, com área do banheiro de 3.64m<sup>2</sup>, totalizando 67.26m<sup>2</sup> de área construída total, demonstrado na figura 78, 79 e 80.

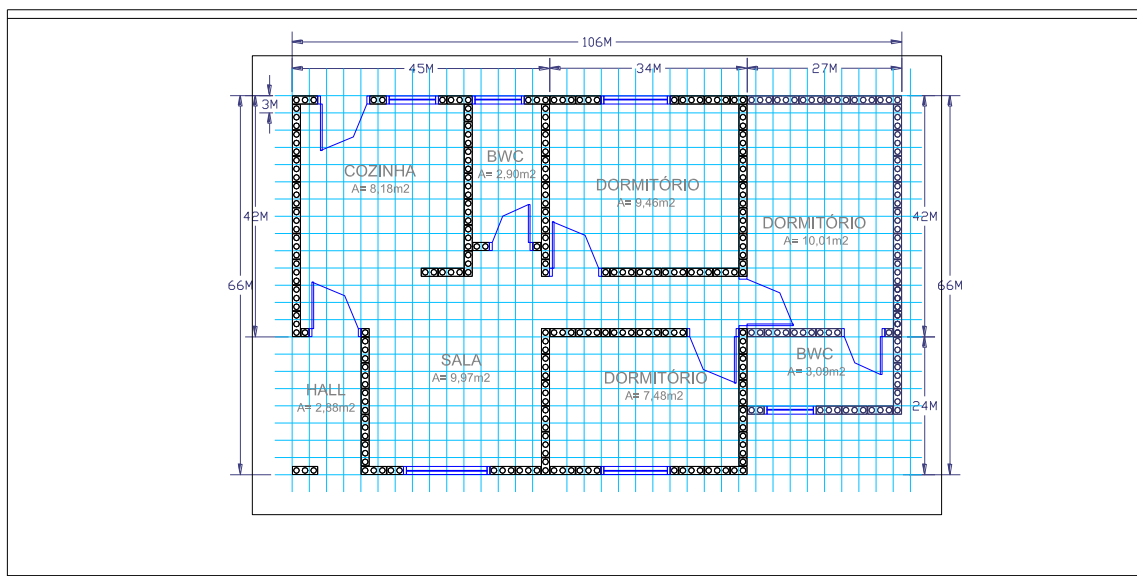


Figura 78 – Planta baixa (2ª ampliação).

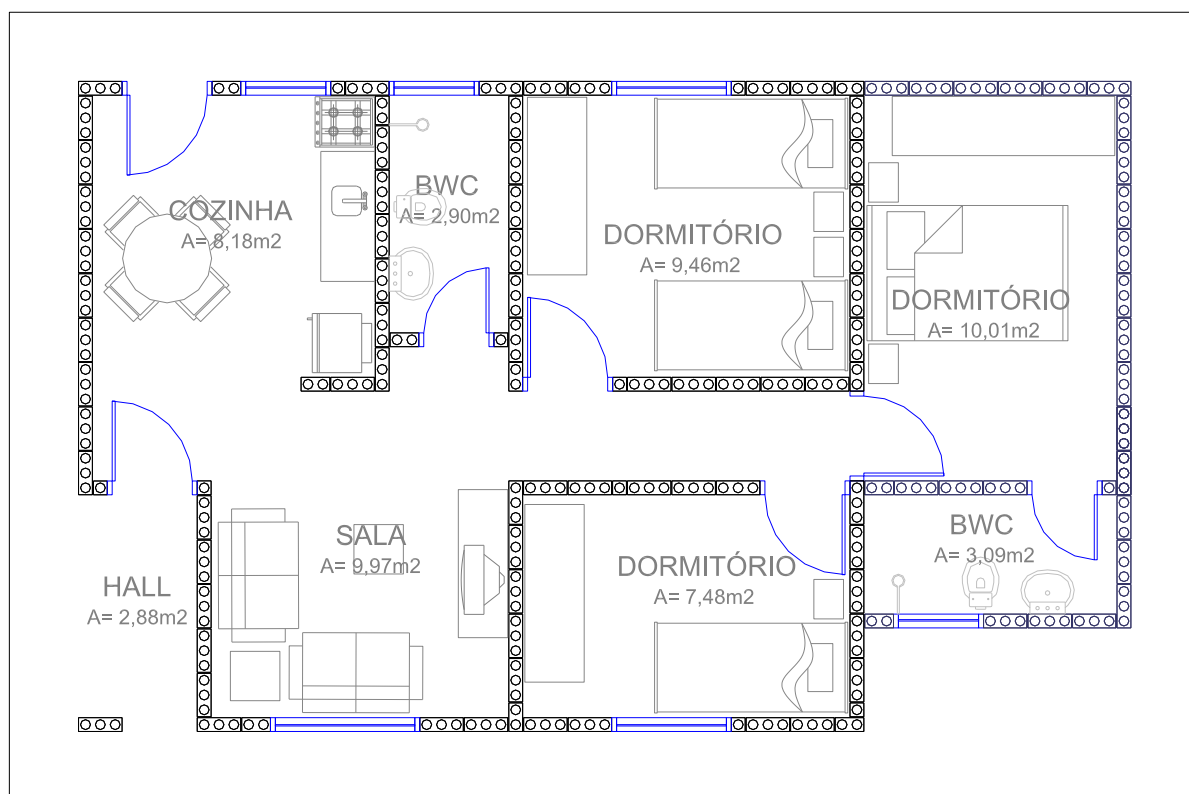
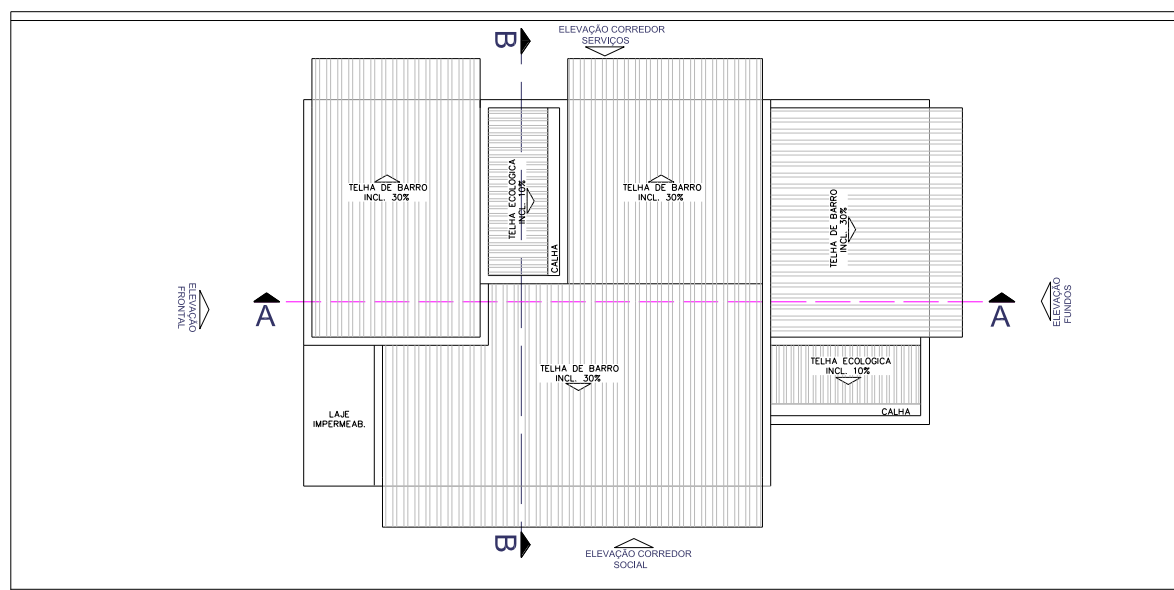


Figura 79 – Planta lay-out (2ª ampliação).



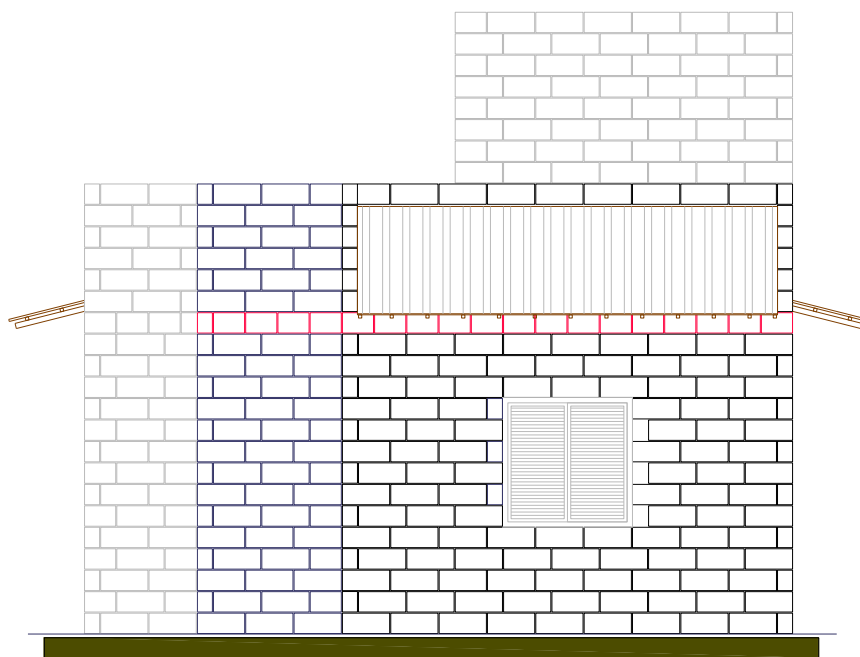
**Figura 80** – Planta cobertura (2ª ampliação).

Por ser um sistema construtivo em blocos de concreto estrutural, a modulação da malha dimensional irá reger o processo de execução.

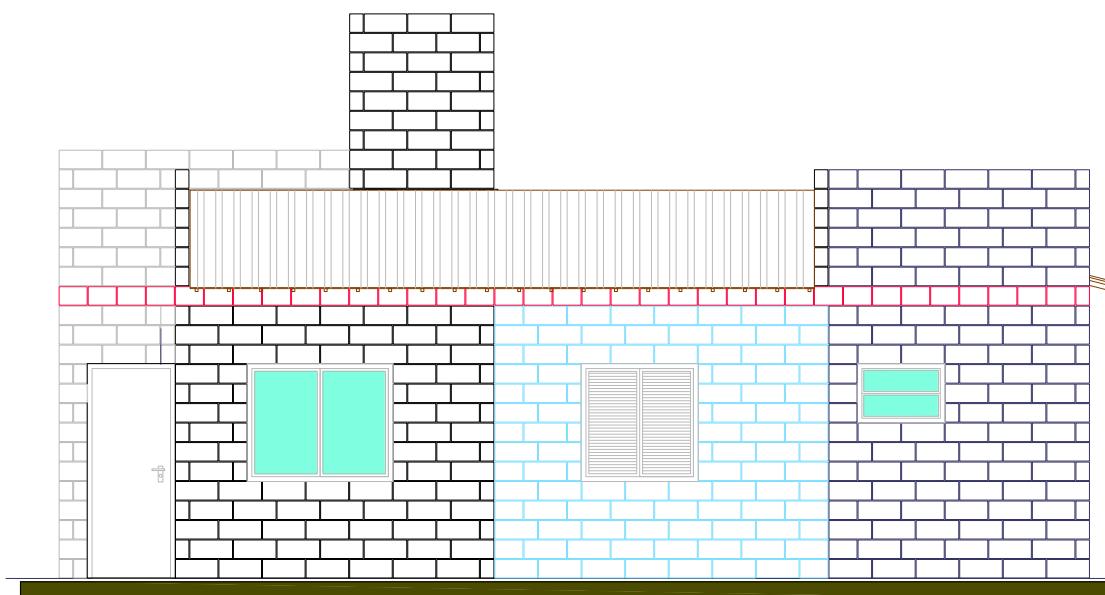
Elementos como esquadrias, revestimentos cerâmicos e estruturas de cobertura, deverão ser adquiridos externamente, mas seguindo um padrão projetual, para facilitar a execução dentro dos parâmetros propostos no projeto pela coordenação modular, procurando obter menor desperdício de tempo e matéria-prima na sua execução.

Devido a estas características, a ampliação da edificação não comprometeria nem a estrutura original nem a estética da edificação.

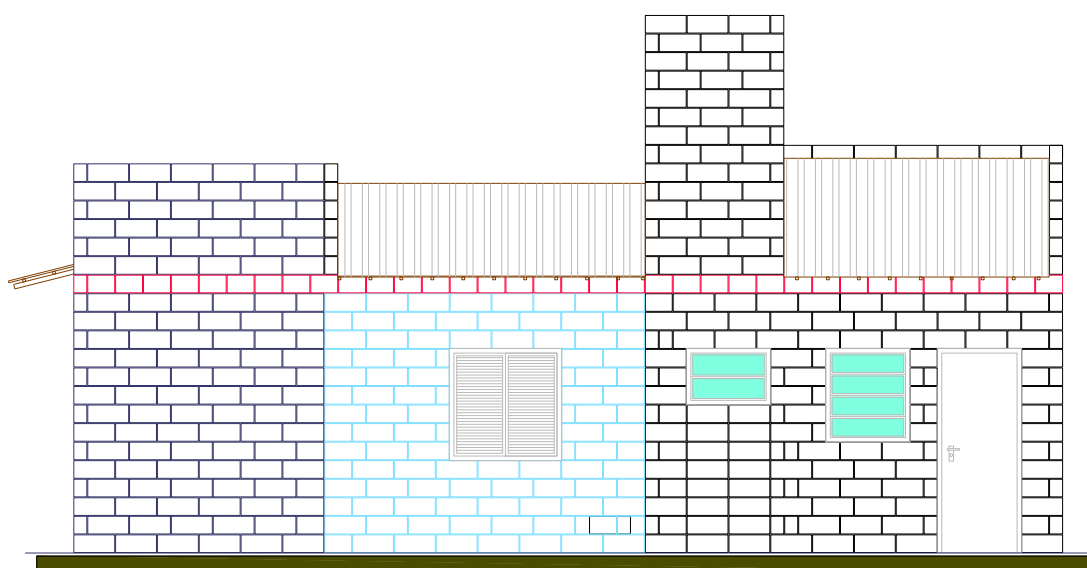
Não estaria comprometida a problemas futuros de ampliação pois seguiria um padrão já pré determinado na fase do projeto, direcionando todo o processo executivo, sendo facilmente compreendida esta ampliação na elevação do corredor social, na elevação do corredor de serviços e na elevação do fundo da edificação, conforme as figuras 81, 82 e 83.



**Figura 81** – Elevação fundo ampliada.

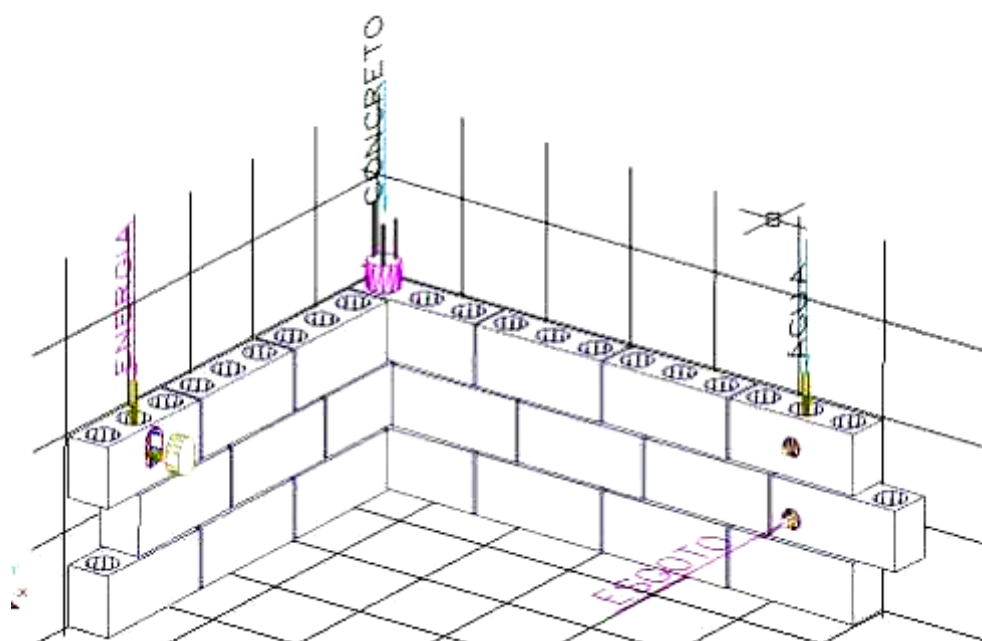


**Figura 82** – Elevação corredor social ampliada.



**Figura 83**– Elevation corridor service ampliada.

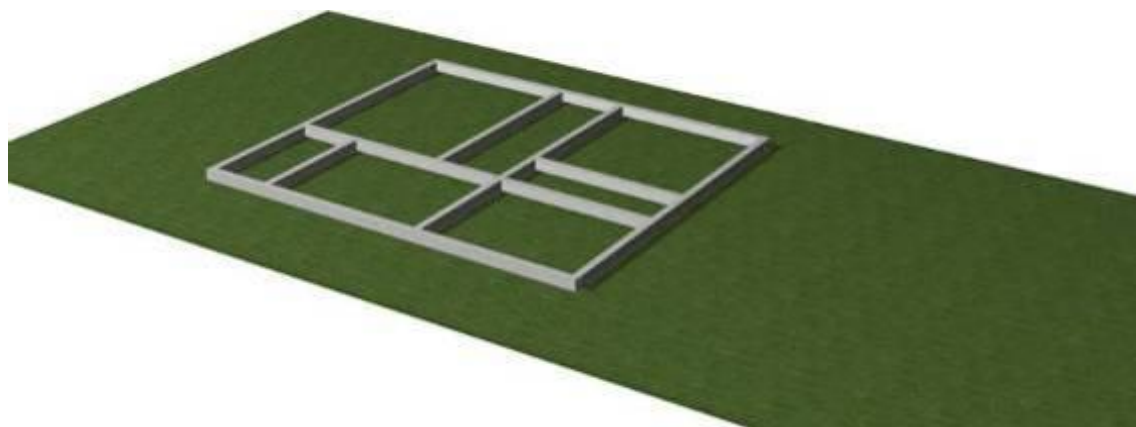
Elementos como tubulação hidráulica e elétrica, seguirão pelos vãos cilíndricos dos blocos, pois os mesmos possuem diâmetro de 98mm. Assim como o “grauteamento” dos blocos nos pontos pré determinados no projeto, conforme a figura 84.



**Figura 84** – Detalhe da tubulação elétrica e hidráulica e “grauteamento”.

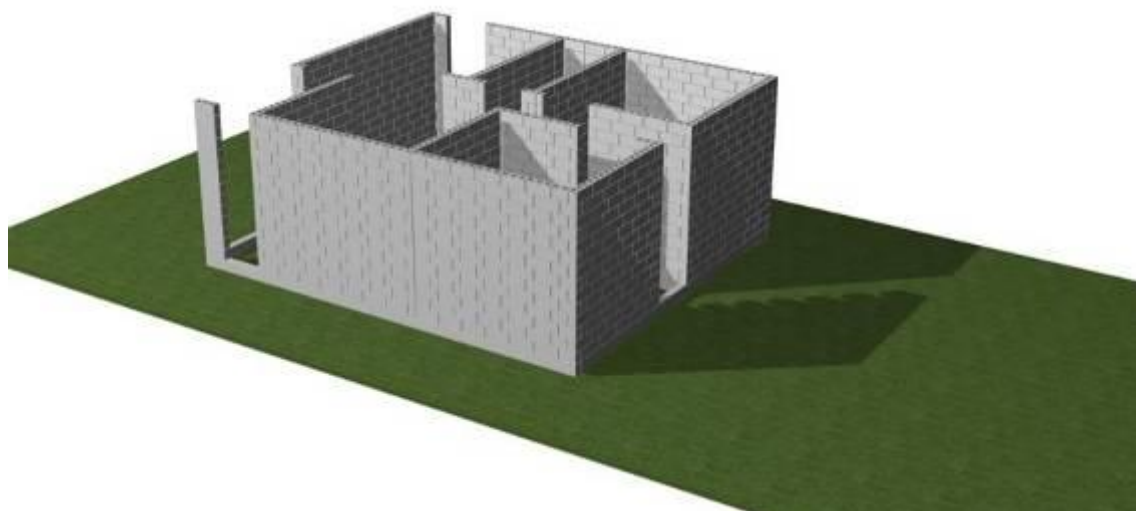
Para melhor entendimento da montagem da estrutura, foi desenvolvido um modelo 3D, na plataforma 3D Studio Max, com cada etapa da construção a ser executada.

A figura 85 demonstra a execução da viga baldrame, onde será executada a fundação com brocas e viga baldrame utilizando o bloco de concreto “U”, mesmo elemento que será utilizado nas vigas de amarração de cobertura.



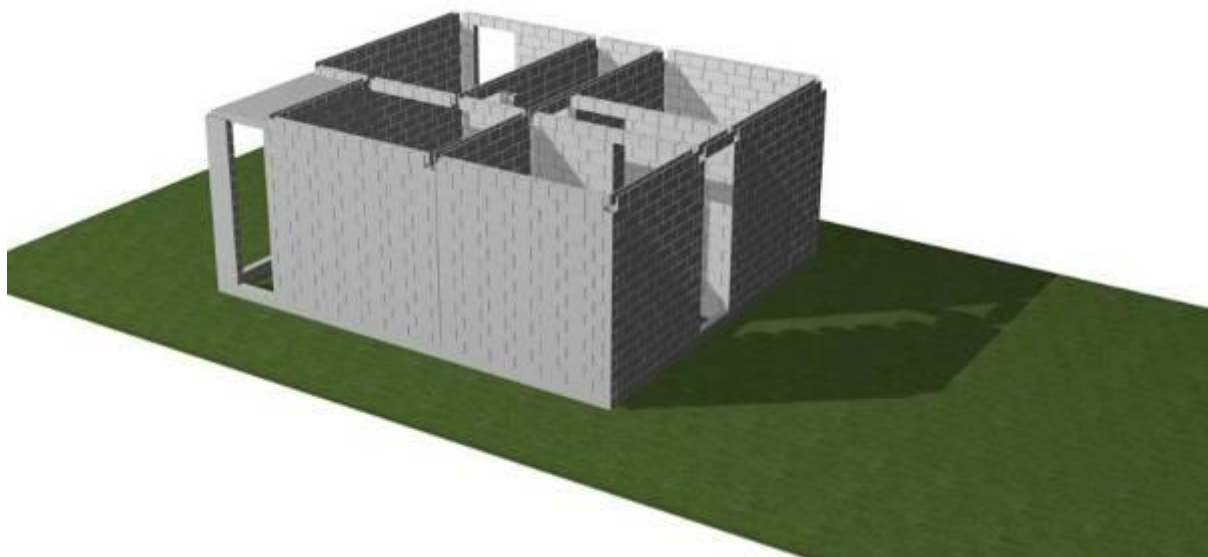
**Figura 85** – Viga baldrame.

A seguir, as paredes serão executadas em bloco estrutural com amarração “grauteada”, como se pode observar na figura 86.



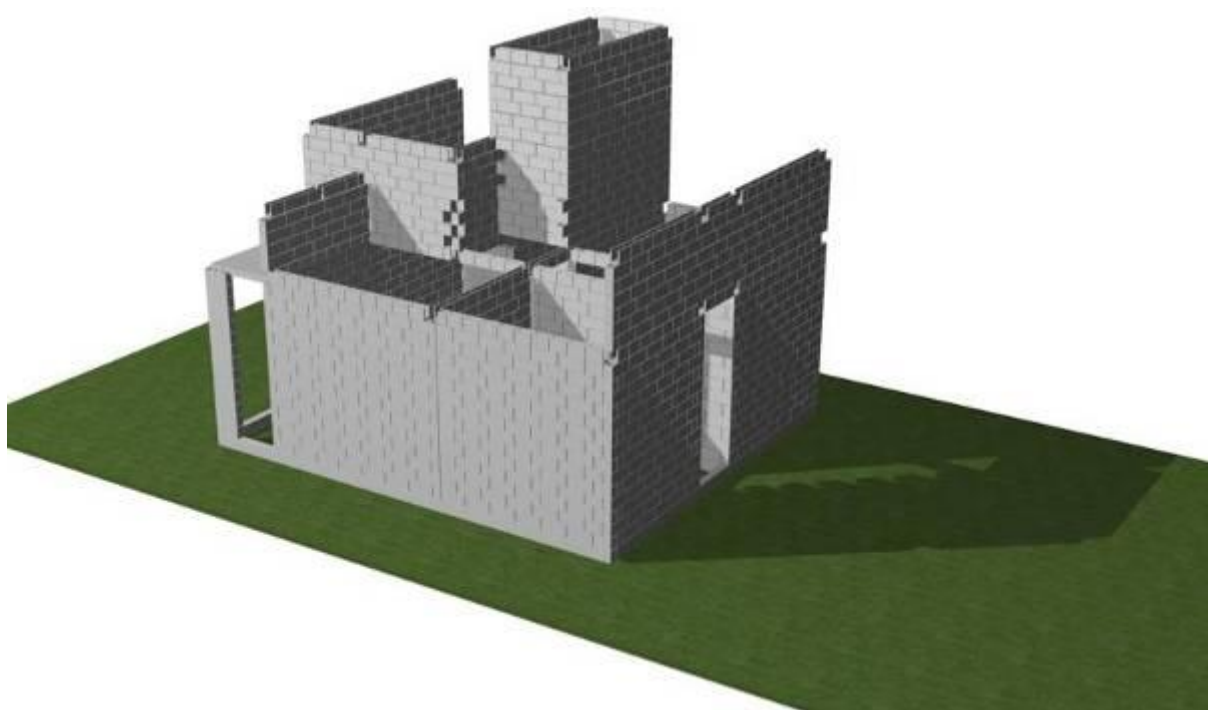
**Figura 86** – Estrutura da casa.

No próximo passo da execução, serão colocados os blocos de amarração da estrutura e a laje do hall de entrada, conforme demonstra a figura 87.



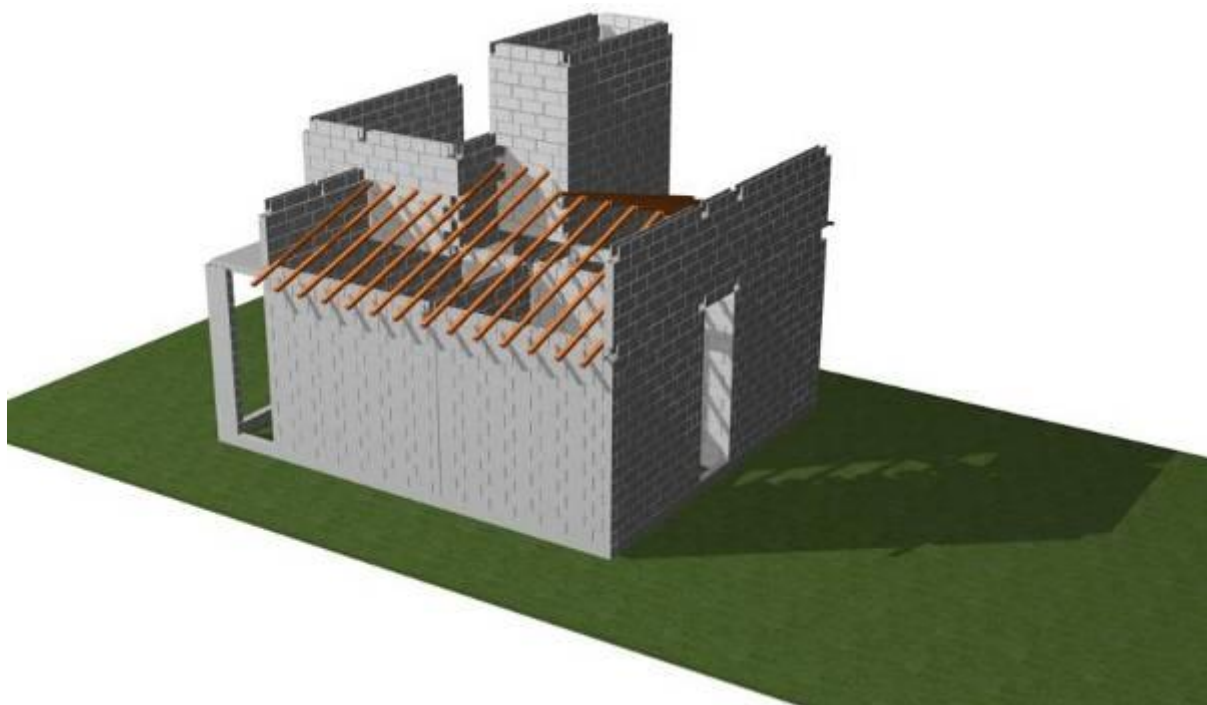
**Figura 87** – Viga de amarração.

Após estar toda amarrada a estrutura da residência, são erguidas as paredes da caixa d'água e as platibandas, como apresentado na figura 88.



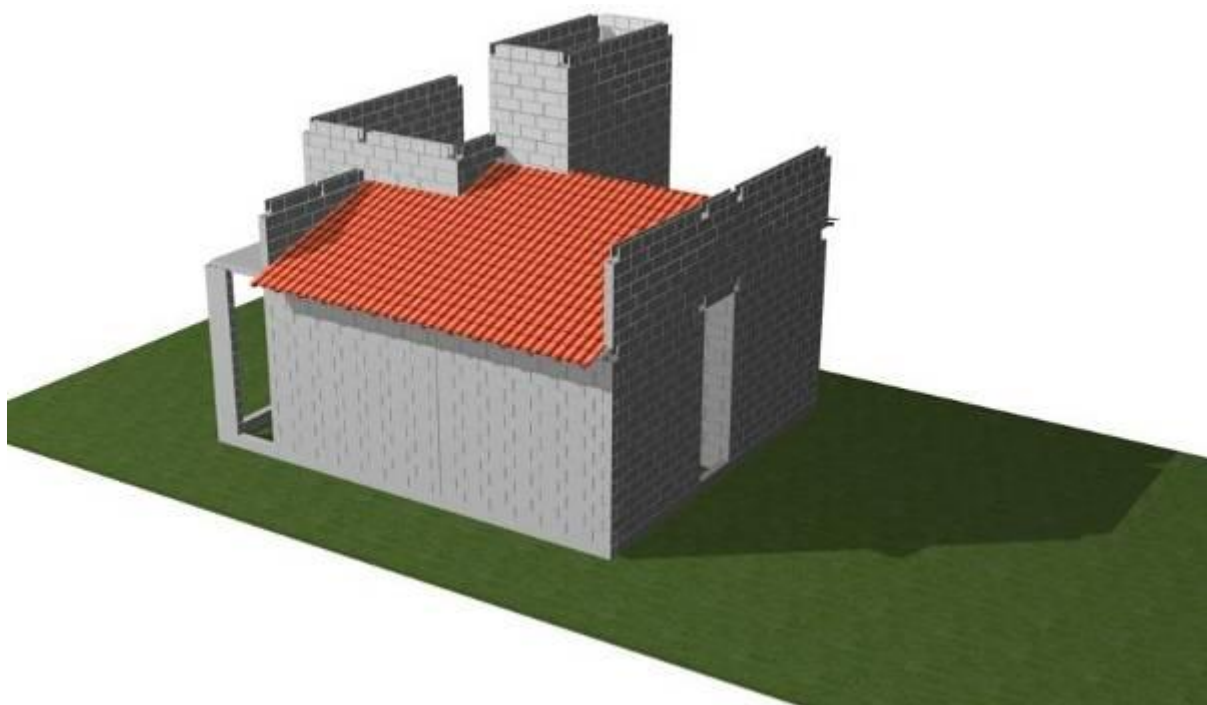
**Figura 88** – Execução das platibandas e volume da caixa d'água.

Com todo o esqueleto estrutural da residência pronto, pode ser instalada a estrutura de cobertura, com a colocação dos caibros de sustentação do telhado, conforme a figura 89.



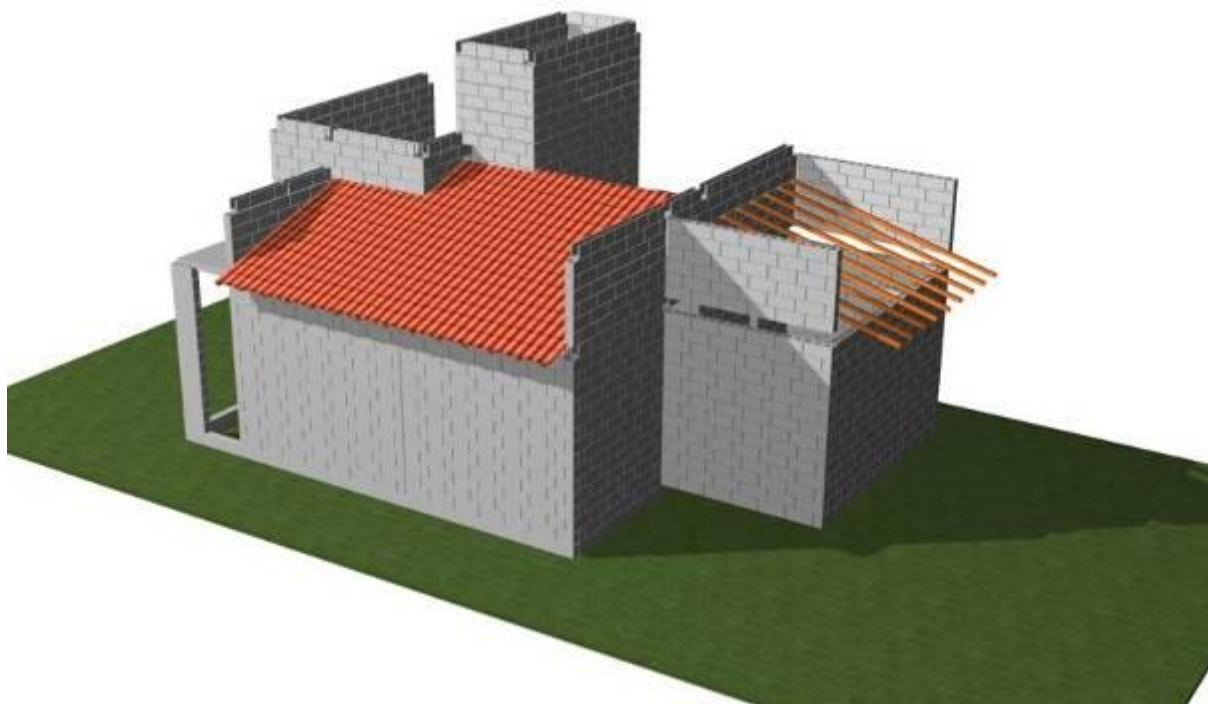
**Figura 89** – Instalação dos caibros de sustentação do telhado.

Com o esqueleto estrutural já montado e os caibros já instalados, a residência está pronta pra ser coberta, conforme a figura 90.

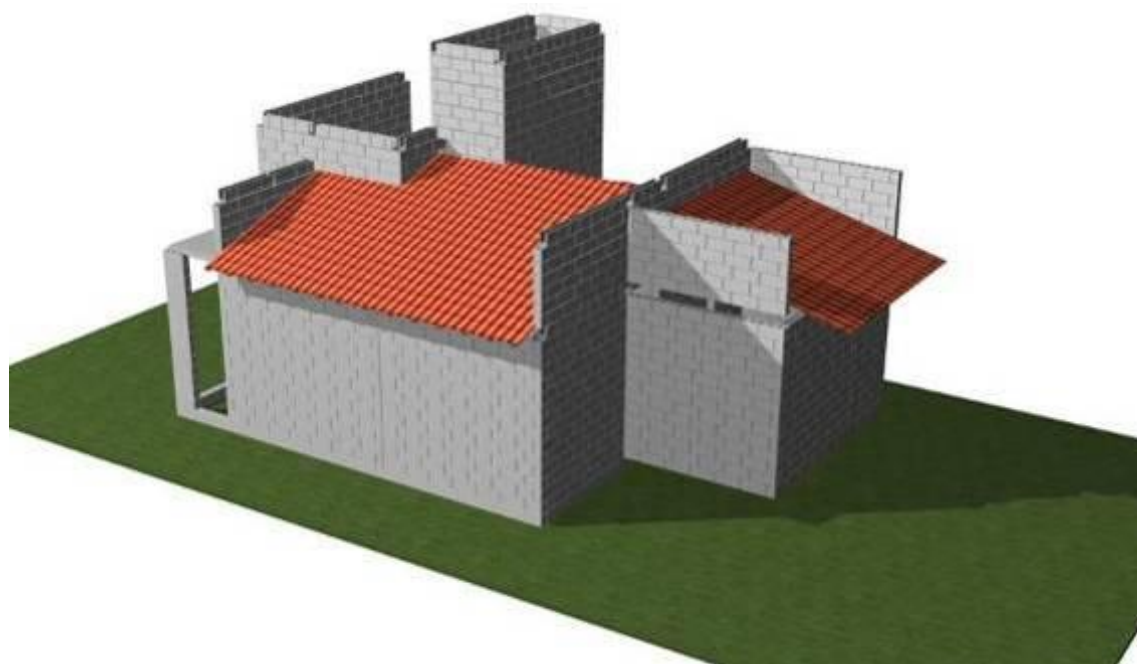


**Figura 90** – Instalação das telhas.

Sendo a proposta passível de ampliação, a próxima etapa será levantar o novo cômodo, conforme projeto, levantando as paredes, conforme a figura 91, e a ampliação do novo cômodo, com cobertura, conforme a figura 92.

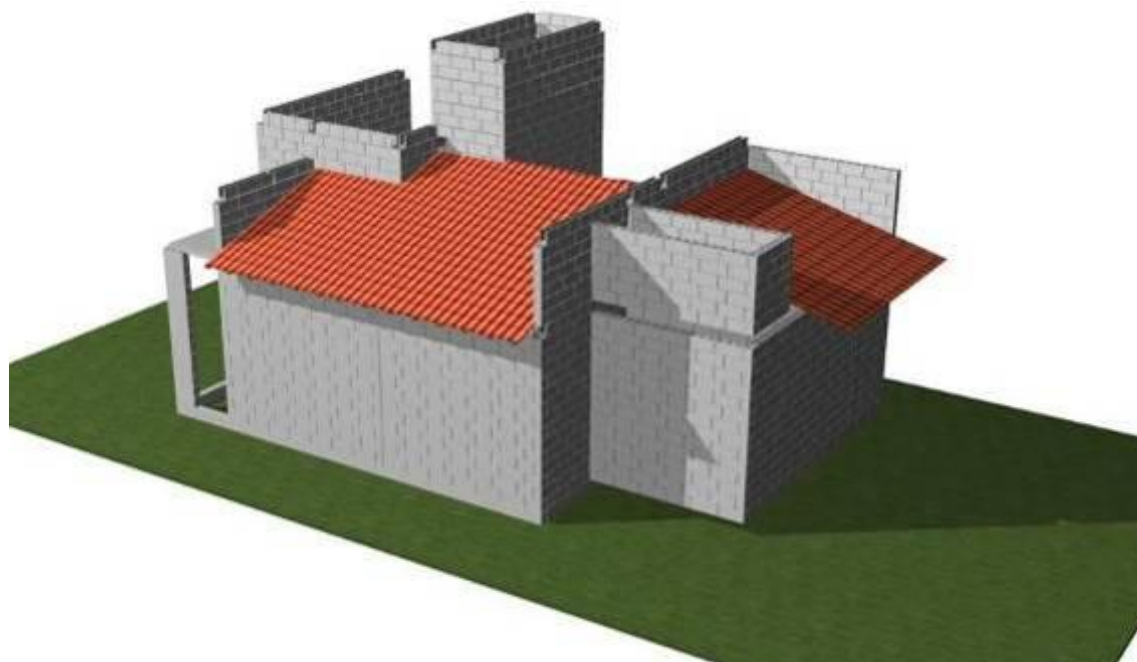


**Figura 91** – Execução da ampliação com estrutura de telhado.



**Figura 92** – Proposta com ampliação de um dormitório.

Por fim, a ampliação completa, com instalações sanitárias atendendo ao novo cômodo, conforme a figura 93.



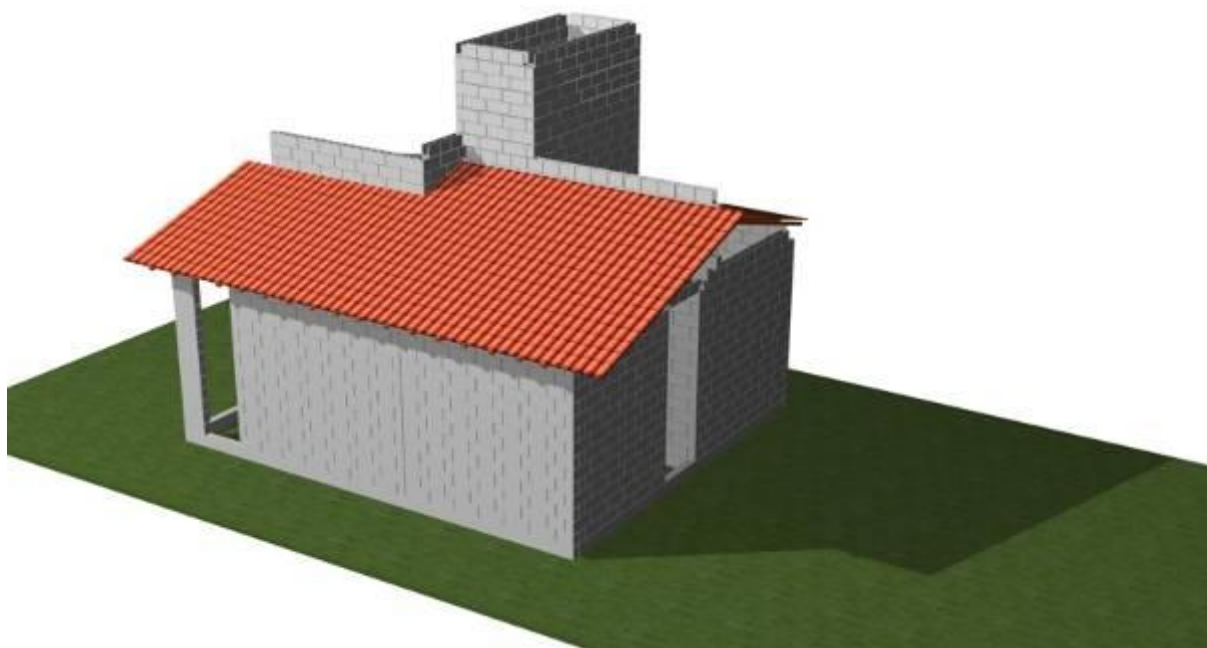
**Figura 93** – Ampliação completa.

As unidades habitacionais podem também ser opcionais com estruturas de telhado a vista, sendo que os moradores podem escolher entre unidades de duas águas sem platibandas e unidades com quatro águas.

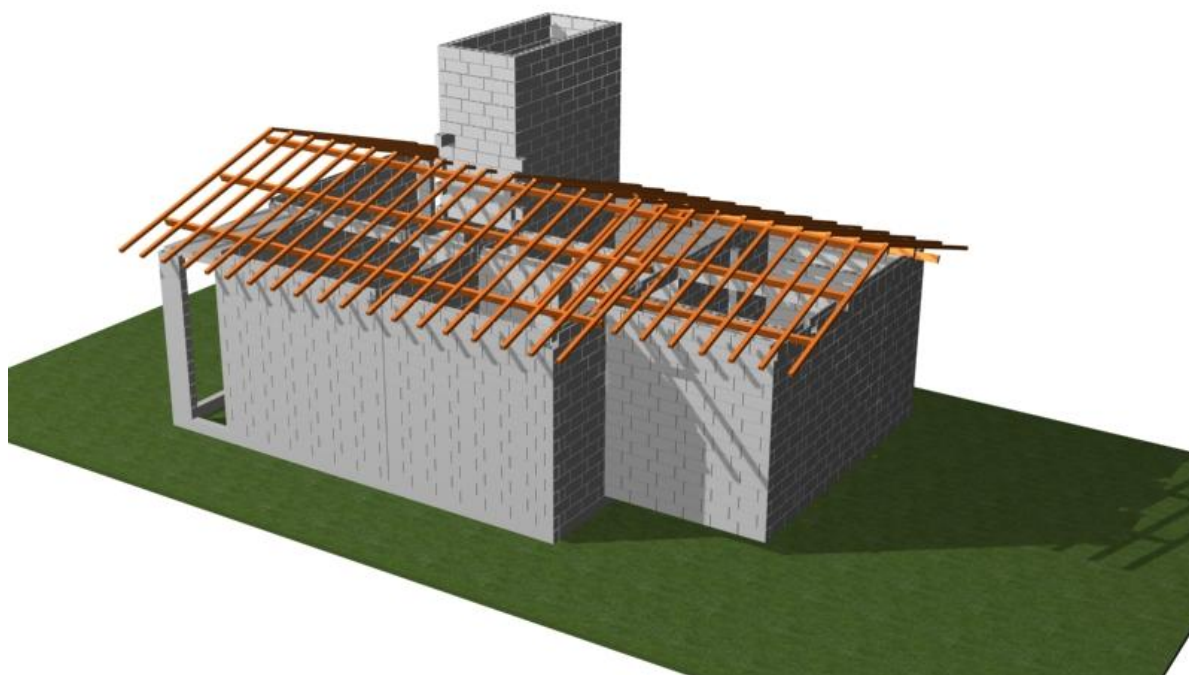
Com estas possibilidades, fica a critério de cada família a identidade visual de sua residência, sendo que estas ainda seguirão o padrão de plantas conforme o projeto proposto. A seguir serão apresentadas as unidades com duas águas, conforme as figuras 94, 95, 96 e 97.



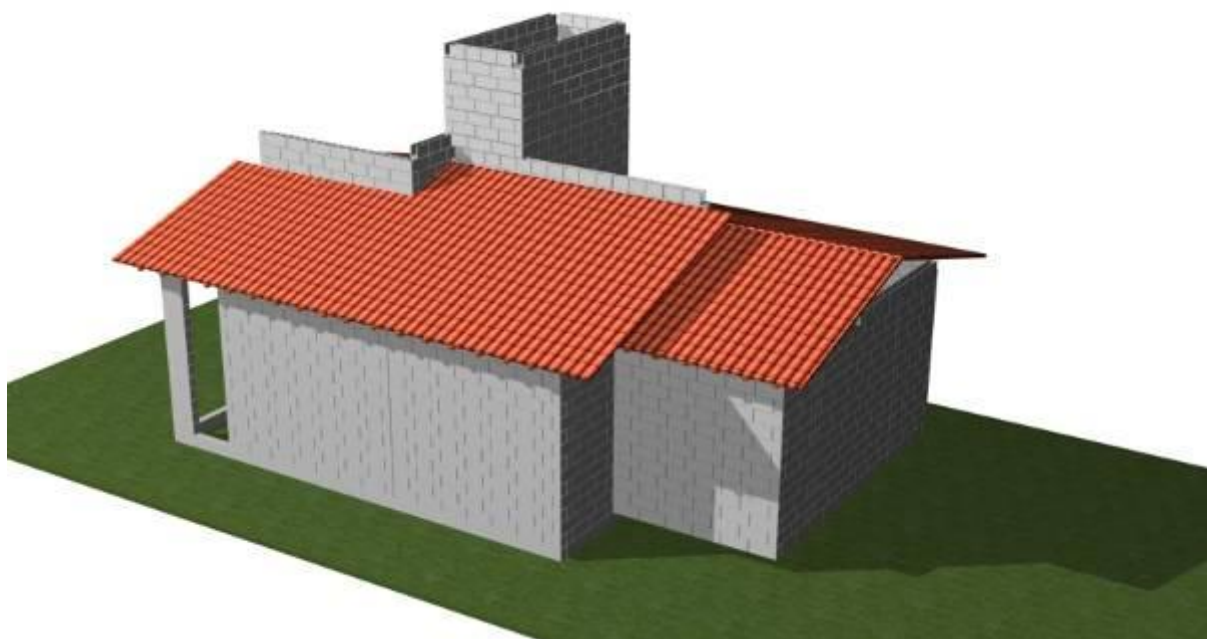
**Figura 94** – Proposta da casa com duas águas.



**Figura 95** – Proposta da casa com duas águas coberta.

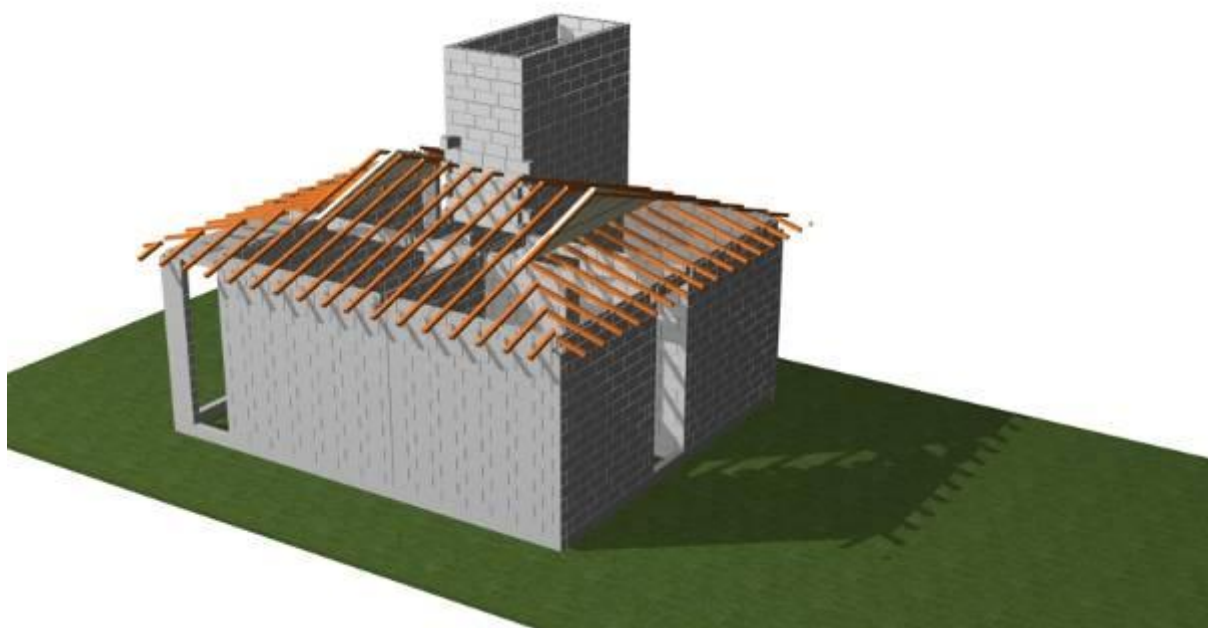


**Figura 96** – Proposta da casa com duas águas com ampliação.

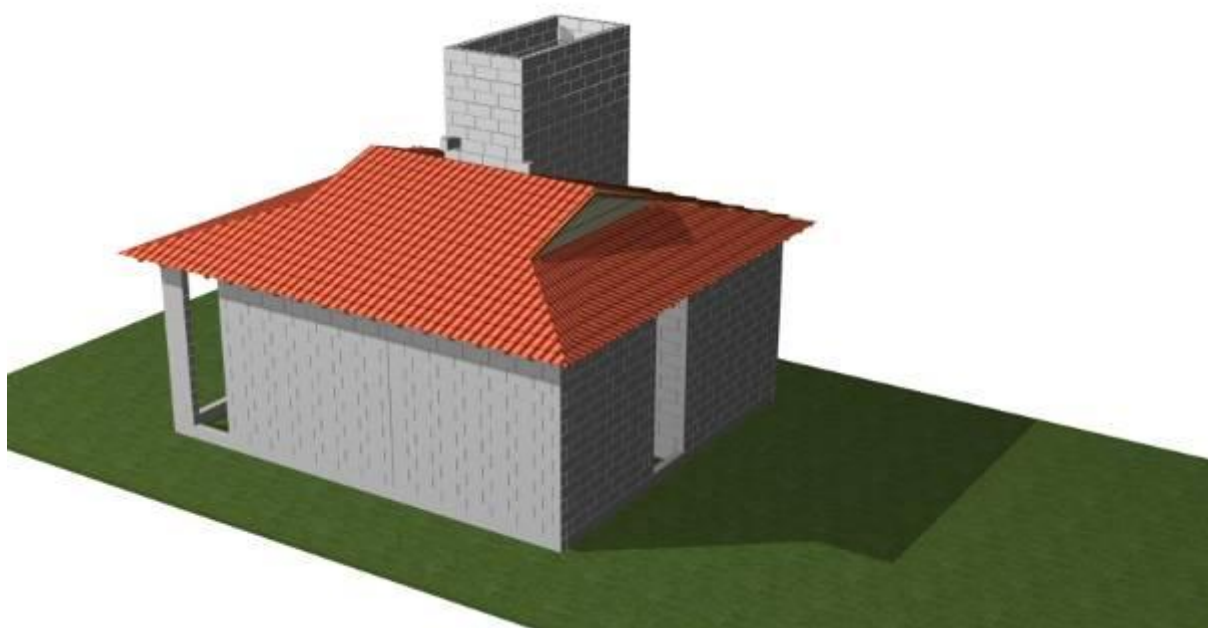


**Figura 97** – Proposta da casa com duas águas coberta.

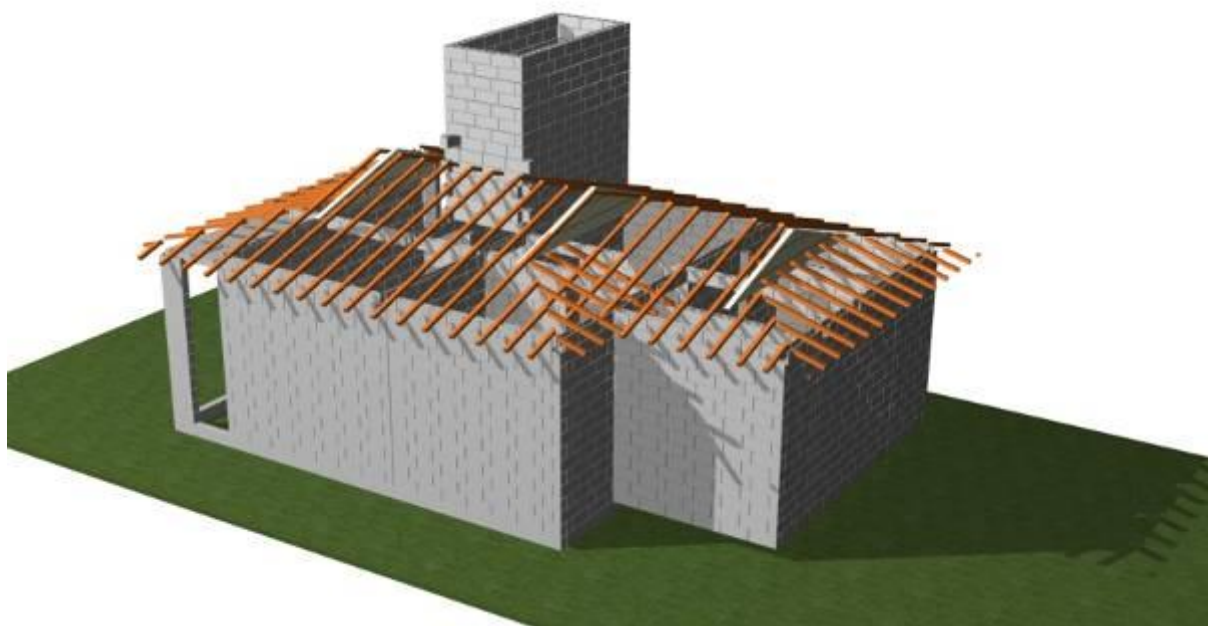
A seguir serão apresentadas as unidades com quatro águas, onde receberão venezianas no “oitão”, para circulação de ar, contribuindo para melhor conforto térmico no interior da edificação, conforme as figuras 98, 99, 100 e 101.



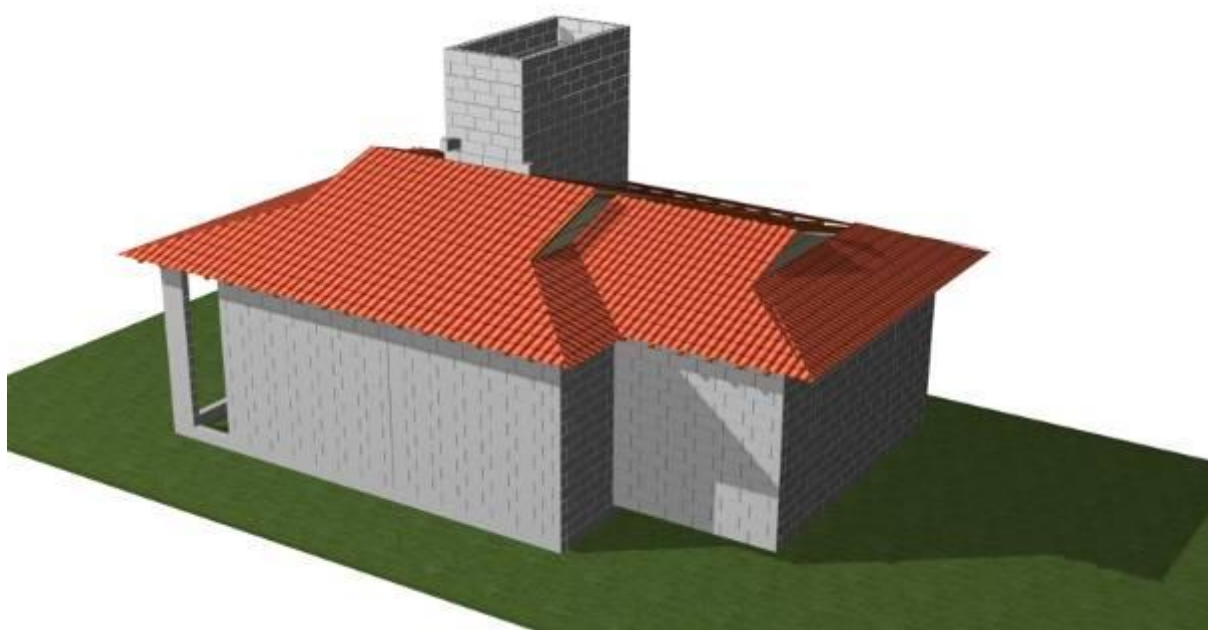
**Figura 98** – Proposta da casa com quatro águas.



**Figura 99** – Proposta da casa com quatro águas coberta.



**Figura 100** – Proposta da casa com quatro águas ampliada.



**Figura 101** – Proposta da casa com quatro águas ampliada e coberta.

Esta edificação poderá ou não receber acabamento com reboco, e posterior pintura. O reboco e a pintura poderão ser feitos após o imóvel ser entregue, com a possibilidade de ser feita pelos próprios moradores, conforme o desejo de cada família.

A seguir, nota-se a diferença de acabamentos, com a proposta da casa em blocos sem acabamento de reboco, ilustrada na figura 102.



**Figura 102** – Proposta da residência sem reboco na estrutura.

Uma proposta com acabamentos de fachada com aplicação de reboco e pintura sobre reboco, e até mesmo uma abertura de vão para instalação de janela para melhor circulação de ar na cozinha. Esta alteração pode ser aplicada já na fase do projeto, sem qualquer dificuldade estrutural ou estética, conforme a figura 103.



**Figura 103** – Proposta da residência com reboco, pintura e janela frontal.

Como a proposta poderá receber acabamentos diferenciados e cobertura com tipologias distintas, a fachada apresenta outras características de modelo de cobertura, sendo uma com duas águas de caimento lateral, conforme apresentado na figura 104, e mesma abertura de vão para instalação de janela para melhor circulação de ar na cozinha.

Conforme a proposta com platibandas, e outra com quatro águas, onde no oitão recebera uma veneziana para melhor circulação de ar, conforme a figura 105. E esta alteração pode ser aplicada já na fase do projeto, sem qualquer dificuldade estrutural ou estética.



**Figura 104** – Proposta da residência com duas águas.



**Figura 105** – Proposta da residência com duas águas.

Como a proposta busca uma edificação segundo os princípios do ecodesign, poderá receber cobertura com telhas obtidas na reciclagem de embalagens “tetra pak” ou telha ecológica, empregar a utilização de captação de água de chuva, aquecedor solar, tratamento de esgoto, modulação de elementos e componentes externos.

Seguindo as tendências de mercado, a edificação tem em seu ambiente social o sistema de planta livre, onde a cozinha se integra à sala de estar, criando uma sensação de ambientes mais amplos.

A residência possui duas caixas d'água, uma servindo para o consumo diário como cozinhar, banho, lavar roupas, e outra com captação de água de chuva, para utilizar em vasos sanitários com caixa acoplada e torneiras de jardim.

Na busca de simplificar o processo construtivo, a aplicação dos materiais de acabamentos, será dimensionada e baseada na malha reticular do projeto, onde cada elemento terá seu posicionamento pré estabelecido conforme os vãos pré-determinados na execução da alvenaria do bloco estrutural.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalizando o trabalho, serão apresentadas algumas considerações finais e conclusões referentes a concepção do projeto e o sistema construtivo proposto.

Dentre estas conclusões, pode se destacar algumas a serem consideradas importantes, desde o ato de se projetar a partir da coordenação modular, sendo estas:

- Formar uma equipe multidisciplinar para desenvolver o projeto;
- Desenvolver as etapas do projeto em conjunto;
- Contemplar todas as áreas e processos, desde a definição da estrutura, tubulações, dutos até o acabamento, na definição das soluções;
- Planejar a execução em todas as etapas do projeto.

### 5.2 O PROJETO

Percebeu-se que o projeto da unidade habitacional foi a principal etapa para o processo da produção da residência e direcionou o sistema construtivo. As questões mais relevantes relacionadas ao processo projetual e ao desempenho do sistema construtivo proposto foram propostos nesta etapa, assim como questões analisadas pelas características de moradores de conjuntos habitacionais no decorrer da pesquisa.

O desenvolvimento dos projetos complementares simultâneos, resultando numa proposta sustentável, deverá obedecer a coordenação modular, com compatibilidade do projeto arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico, sendo que eles interagem para um resultado satisfatório no quesito intercambialidade, estando comprometidas entre si, contrario ao que se percebe com o método

tradicional de construção em alvenaria, onde muitas vezes os problemas encontrados na execução da obra acabam sendo resolvidos in loco, demonstrando casualidade na decisão para se obter resultados.

Tendo como referência a coordenação modular no ato de se projetar, esta se apresentou como sendo uma ferramenta mais adequada nesta fase, proporcionando racionalidade na construção e padronização dos componentes, utilizando apenas três modelos de blocos estruturais, resultando na redução de resíduos da construção e geração de entulho da obra e retrabalho para instalação de componentes.

### 5.3 A RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A utilização das raspas de pneus no processo de confecção dos blocos de concreto apresentou-se como uma ótima alternativa para um novo uso deste material causador de grande impacto ambiental, uma vez que é grande o volume deste resíduo descartado nas cidades, assim como os resíduos de pedra.

Por outro lado, o concreto acrescido de raspas de pneus substituindo à areia e agregando os resíduos de pedreiras, apresentou resultado satisfatório no que se refere às normas estabelecidas pela ABNT para blocos de concreto com fim estrutural.

Assim como o sistema proposto reduz o índice de quebras para instalação dos componentes hidráulicos e elétricos, pois as tubulações serão instaladas nos vazios dos blocos, sendo que esta redução chega a representar 15 litros de resíduos por metro quadrado de construção.

Em uma unidade habitacional com aproximadamente 52m<sup>2</sup>, no método tradicional, seriam gerados por volta de 780 litros de entulho devido aos recortes para passagem destas tubulações e, no sistema proposto, este entulho gerado fica em torno de 8 litros, representando uma redução de aproximadamente 90%.

#### 5.4 CONCRETOS COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS RECICLADOS

Os traços **CCRP10%**, **CCRP15%** e **CCRP20%** apresentaram resultados dentro dos padrões da NBR 6136/1994, que estabelece que os concretos utilizados na produção de blocos estruturais devem apresentar resistência à compressão entre **4,5MPa** e **16,0 MPa**. Foram adotados estes limites, já que a proposta de projeto visa a construção de habitação de interesse social executada em alvenaria estrutural utilizando blocos de concreto modulados.

O aumento de 5% de finos de pedreira no traço de concreto, em relação à massa inicial de agregado graúdo, aumentou uma média de 80% na resistência dos blocos, o que permite a redução de consumo de cimento e, conseqüentemente, a redução de emissão de CO<sub>2</sub>, constituindo-se numa alternativa de aproveitamento dos resíduos, resultando num fim ecologicamente correto a estes resíduos de pedreira.

Por outro lado, a possibilidade de se produzir os blocos mecanicamente, utilizando uma prensa industrial, pode permitir a redução do consumo de cimento, uma vez que o processo de produção utilizaria um traço mais pobre, na ordem de 1:10 (cimento por agregados), já que o adensamento é mecânico, não havendo a necessidade de se utilizar o traço adotado no presente trabalho, de 1:2:3, reduzindo assim ainda mais o impacto ambiental, aliado ao uso de raspas de pneus na confecção dos concretos.

A proposta se apresentou viável por apresentar redução na quantidade de areia a ser substituída por raspas de pneus, e quando adicionados os finos de britagem basáltica, apresentaram resultados com maior poder de resistência nos ensaios de compressão.

Isto demonstra ser possível a redução de cimento na produção destes concretos, assim como a porcentagem da quantidade de materiais recorrentes dos resíduos provenientes dos recortes na alvenaria para passagens de tubulação elétrica e hidráulica.

## 5.5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados obtidos e nas considerações apresentadas, sugerem-se para trabalhos futuros e para continuidade deste, as seguintes recomendações:

- Realização de pesquisa das dimensões e dos elementos e componentes existentes no mercado da construção civil no Brasil, verificando a compatibilidade destes utilizando a coordenação modular;
- Estudo dos materiais e técnicas construtivas propostos, visando redução do impacto ambiental, segundo os princípios do ecodesign a partir do projeto.
- Realização de produção dos blocos junto a indústrias de artefatos de cimento para adequação do processo de produção;
- Realização de ensaios de resistência ao fogo, combustibilidade e inércia térmica dos blocos com incorporação de raspas de pneus.
- Execução de um protótipo para avaliação de desempenho.
- Realização de estudos dos parâmetros de sustentabilidade da edificação, tais como redução no tempo de execução em função da redução da massa dos blocos, redução dos recortes nos materiais e minimização de retrabalhos.

## 6. REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_ **NBR 6136**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_ **NBR 6136**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_ **NBR 7222**: Argamassa e Concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.

<http://www.cohapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=7>

ADAM, Roberto S. – **Princípios do ecoedifício – interação entre ecologia, consciência e edifício** – São Paulo : Aquariana, 2001

ANIP – ASSOCIACAO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DE PNEUMATICOS - WEB SITE – [www.anip.com.br](http://www.anip.com.br)

AKASAKI, Jorge L.; FIORITI, César F.; NIRSCHL, Gustavo C. - **Estudo da viabilidade de produção dos blocos estruturais de concreto com adição de resíduos de borracha** - *Instituto Brasileiro do Concreto - 44º Congresso Brasileiro*

ARAKAKI, E.; INO, A.; BARATA, T. Q. - **Sistemas construtivos em madeira de rejeito comercial de serrarias para habitação de interesse social**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC'95, Rio de Janeiro, 20 a 22 de nov. 1995. Anais. v.2 - Tópico: Sistemas Construtivos, p.491- 496.

BALDAUF, Alexandra S. F. – **Contribuição à implementação da Coordenação Modular da construção no Brasil**. - Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. - Porto Alegre – 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Política Nacional de Habitação. **Cadernos M Cidades – Habitação**. Olívio Dutra - Ministro de Estado das Cidades. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2004. 104 p.

CASTELNOU, Antonio M. – **História da arquitetura I – Parte 02 – Movimento moderno em arquitetura** – Apostila do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro de Estudos Superiores de Londrina - Londrina – 1993.

CARMEL-ARTHUR, Judith – **BAUHAUS** – Cosac & Naify Edições, SAO PAULO, 2001.

CHING, Franciso D. K.– **Arquitectura: forma, espacio e y ordem** – GG – Ediciones G. Gilli, S.A. Mwxico, D.F. 1982.

CONAMA - RESOLUÇÃO No 258, DE 26 DE AGOSTO DE 1999 - WEB SITE - <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.html>

FIGUEROLA, Valentina – **Projeto Sustentável – Arquitetura com foco na sustentabilidade requer integração de equipes e coordenação de um profissional especializado** – Artigo – Revista Techne – Nº133 –Editora Pini Ltda. Abril de 2008.

GREVEN, Hélio A.; BALDAUF, Alexandra S. F. - **Introdução à Coordenação Modular da construção no Brasil: Uma abordagem atualizada** - Coleção HABITARE / FINEP - Porto Alegre – 2007.

KATUTA, Helton, E. - **Controle de desempenho da recuperação de pavimento asfáltico com concreto de cimento Portland com resíduos incorporados**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Londrina.. Londrina – 2007.

KRZYZANOWSKI, RENATO F. – **Novas tecnologias em assentamentos humanos: a permacultura como proposta para o planejamento de unidades unifamiliares em Florianópolis**. Dissertação apresentada ao Programa de

Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.  
– Florianópolis 2005.

LAVERDE, ALBENISE - **Processo Produtivo de Esquadrias em Madeira de Eucalipto na Marcenaria Coletiva do Assentamento Rural Pirituba II – Itapeva-SP** - Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos. -São Carlos. 2007.

LENGEN, Johan van. – **Manual do arquiteto descalço** – Porto Alegre: Livraria do Arquiteto; Rio de Janeiro: TIBA, 2004

LOPES, Luís R. – **AVALIAÇÃO DA INERFERÊNCIA DOS FINOS NO DESEMPENHO DE CONCRETOS COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina. – LONDRINA – 2007.

MANZANO, Reginaldo M. – **Concepção de um sistema construtivo com placas de concreto celular de alto desempenho para vedação vertical para habitação de interesse social** – Dissertação apresentada ao Curso de Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre. Londrina – 2007.

MAMEDE, Fabiana C. – **Utilização de Pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural** – Dissertação apresentada ao programa de Mestrado em Engenharia das Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos à Universidade de São Paulo. São Carlos – 2001.

MARTINS, Haroldo A. F. **A utilização da borracha de pneus na pavimentação asfáltica**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Anhembi Morumbi no âmbito do Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental. SÃO PAULO – 2004.

MARTINS, VICTOR H. T. **Habitação, infra-estrutura e serviços públicos: conjuntos habitacionais e suas temporalidades em londrina-pr.** Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina. – LONDRINA – 2007.

MARTINEZ, Juan V. – **O papel da assessoria técnica na construção por ajuda mútua.** Seminário Habitação e Saneamento para Populações de Baixa Renda – NATAL - 1987.

MILANEZ, Bruno – **RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE – Princípios, indicadores e instrumentos de ação** – Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia Urbana à Universidade de São Paulo. – São Carlos - 2002.

MIGUEL, Jorge M. C. – **A Casa – Jorge Marão Carnielo Miguel** – Londrina: Eduel, São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2003.

MORALES, Gilson; JUNG, Antonio E.; KLEIN, Shiela E. S.; OLIVEIRA, Ricardo R.; PELEPENKO, Graziela; Guarda, Juliana; GONZALES, Gabriela; SILVA, Harryson L.; BUSI, João. - **Desenvolvimento de um Programa de Análise da Produção de Estruturas de Concreto pelo Método “Case-Based Planning”** introduzindo os Princípios do Eco-design. Florianópolis, 2006.

MORALES, Gilson - **BAUHAUS.** Entrevista concedida no dia 26 de abril de 2009, Londrina, 2009.

PEREIRA, Agnes C. W. - **DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS ABERTOS NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL ATRAVÉS DA MODULAÇÃO.** Dissertação apresentada ao programa de Mestrado

em Construção Civil, do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba - 2005

PINHEIRO, Fundação João (MG) <<http://www.cohapar.pr.gov.br/>> Acesso em 05 de janeiro de 2009.

ROCHA, Janaíde C.; JOHN, Vanderley M. - **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional - Coletânea HABITARE Volume 4** Porto Alegre-2003.

ROSA, D.S.; MORENO Jr., A.L.; MARTINS, T.C. **Avaliação da granulometria de Pneus Pós-Consumo em compósitos de concreto**. Artigo – Revista Brasileira de Aplicações a Vácuo, v.26, nº2, 103-110, 2007

SATTLER, Miguel A. **HABITAÇÕES DE BAIXO CUSTO MAIS SUSTENTÁVEIS: A Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis** - Coleção HABITARE / FINEP - Porto Alegre, 2007.

SITE <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=458038&page=3>> Acesso em 06 de julho de 2009.

TRINDADE, C. A.; Nascimento, J. F. H. do; FORMAGINI, S.-**Propriedades de Concretos Dosados com Resíduos de Borracha de Pneus Usados**. – Anais do 49º Congresso Brasileiro de Concreto. Bento Gonçalves-2007.

VITA, M. O. ; MACEDO, P. C. ; AKASAKI, J. L. ; FAZZAN, J. V. ; MARTINS, I. R. F. . **Influência da adição de resíduo de borracha pneumática em concreto de alto desempenho**. In: 49º Congresso Brasileiro do Concreto, 2007, Bento Gonçalves. 49º Congresso Brasileiro do Concreto. São Paulo : Ibracon, 2007.

YONEYAMA, Suely. - **Levantamento das Alternativas para Solucionar o Problema de Resíduos de Pneus**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Londrina. Orientador: GILSON MORALES. Londrina – 2002.