



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Condicionantes de Projeto Para Unidades Escolares de Pequeno e Médio Porte Utilizando Sistema Construtivo em Perfis Formados a Frio

AUTORA: CRISTIANE LOPES HENRIQUES

ORIENTADORES: Profa. Dra. Arlene Maria Sarmanho Freitas
Prof. Dr. Henor Artur de Souza

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Construções Metálicas.

Ouro Preto, Setembro de 2005

"Em tudo o que ultrapassa a rotina repetitiva, existe uma íntima parcela de novidade e de processo criador humano, estando as bases da criação assentadas na capacidade de combinar o antigo e o novo"

Lev Semenovich Vygotsky

**À minha Mãe,
minha primeira e grande mestra.**

3.5 – Unidades Municipais de Ensino Infantil - UMEI.....	44
3.6 - Escola Padrão São Gonçalo / RJ.....	47
3.7 - Escola Municipal Volta Redonda / RJ.....	48
3.8. - Projeto Espaço Educativo–Arquitetando Uma Escola Para o Futuro.....	50
3.8.1 - Escola Padrão Acre.....	53
3.8.2 - Escola Padrão Bahia.....	56
3.8.3 - Escola Padrão Rondônia.....	58
3.8.4 - Escola Padrão Mato Grosso.....	60
3.8.5 - Escola Padrão Tocantins.....	64
3.9 - Projeto Escola Padrão / RJ.....	66

CAPÍTULO 4 – EDIFÍCIOS DE PEQUENO PORTE EM ESTRUTURA

METÁLICA.....	69
4.1 - Casa Fácil Gerdau	72
4.2 - Projeto Habitacional COSIPA.....	74
4.3 - Sistema Modular de Construção CSN.....	76
4.5 – USITETO.....	78

CAPÍTULO 5 – RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

5.1 – Considerações Iniciais.....	80
5.1.1 – Níveis de Evolução da Construção Civil.....	81
5.1.2 – Etapas de Desenvolvimento dos Processos Construtivos.....	83
5.2 – Sistema Construtivo.....	84
5.3 – Coordenação Modular.....	85
5.4 – Sistemas de Fechamento.....	92
5.4.1 – Alvenarias de Tijolos e Blocos.....	93
5.4.2 – Placas e Painéis Industrializados.....	98

CAPÍTULO 6 – CONDICIONANTES DE PROJETO.....	107
6.1 – Partido Arquitetônico.....	110
6.2 – Programa Básico.....	113
6.3 – Modulação de Projeto.....	120
6.4 – Sistema Construtivo.....	122
6.4.1 – Estrutura.....	124
6.4.2 – Sistema Complementar de Fechamento.....	126
CAPÍTULO 7 – CONDICIONANTES DE PROJETO – UM MODELO DE APLICAÇÃO.....	131
7.1 – Modulação e Sistema Construtivo Proposto.....	132
7.2 – Anteprojeto Arquitetônico.....	154
7.2.1 – Bloco 01 – Suporte Pedagógico / Administrativo.....	154
7.2.2 – Bloco 02 – Ensino e Docência.....	156
7.2.3 – Bloco 03 – Recursos Didáticos.....	159
7.2.4 – Bloco 04 – Ensino Docência Infantil.....	161
7.2.5 – Bloco 05 – Serviços Gerais / Recreação.....	163
7.3 – Algumas Simulações de Implantação.....	165
7.4 – Simulação de Implantação em Situação Real.....	167
CAPÍTULO 8 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DO MODELO PROPOSTO.....	171
8.1 – Considerações iniciais.....	171
8.2 - Pré-dimensionamento Estrutural.....	171
8.3 - Avaliação do Desempenho Térmico.....	172
8.3.1 - Estudo de caso.....	175
8.3.2 - Abordagem numérica.....	177
8.3.3 - Caracterização das condições típicas de exposição ao clima.....	178
8.3.4 - Caracterização Da Edificação.....	181
8.3.5 - Resultados Obtidos.....	182

CAPÍTULO 9 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	192
9.1 – Considerações Finais.....	192
9.2 – Resumo das Condicionantes Propostas.....	193
9.2.1 - Condicionantes para o Projeto Arquitetônico.....	193
9.2.2 – Condicionantes para o Sistema Construtivo.....	194
9.3 – Sugestões para Trabalhos Futuros.....	197
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	198
APÊNDICE I - Detalhamento das Peças do Sistema Estrutural.....	208
➤ Módulo 01.....	209
➤ Módulo 02.....	220

CAPÍTULO 3 - ESCOLAS PADRÃO

Figura 3.1 – Fachada Externa de Escola Padrão do Estado de Minas Gerais.....	35
Figura 3.2 – Blocos que conformam a implantação do CIEP.....	37
Figura 3.3–Montagem dos painéis pré-moldados do CIEP.....	38
Figura 3.4 –Vista integral e do Ginásio poliesportivo do CIAC.....	40
Figura 3.5 – Fachada frontal do NEEC.....	41
Figura 3.6 – Vista do pátio coberto do NEEC.....	42
Figura 3.7 –Vista lateral com treliças da cobertura e Brises.....	42
Figura 3.8 – Circulações avarandadas entre blocos (UMEI).....	44
Figura 3.9 – Planta UMEI Levindo Coelho, concepção compacta.....	45
Figura 3.10– Planta UMEI Antônio Mourão Guimarães.....	45
Figuras 3.11–Vistas da UMEI Juliana.....	46
Figura 3.12– Elementos estruturais e fechamentos.....	47
Figura 3.13– Fachada da Escola Padrão de São Gonçalo (RJ).	48
Figura 3.14– Vista do pátio central com circulações em varandas.....	49
Figura 3.15 –Vista interna da estrutura em painéis portantes de aço galvanizado.....	49
Figura 3.16– Fachada frontal da escola - revestimento em <i>Siding</i> Vinílico.....	50
Figuras 3.17 - Maquete do Projeto Espaço Educativo Urbano I - Acre.....	54
Figuras 3.18 - Fachada Externa da escola do município de Xapuri.....	54
Figura 3.19 – Refeitório coberto da escola do município de Xapuri.....	55
Figura 3.20 –Laboratório de informática e quadra poliesportiva de Xapuri.....	55
Figuras 3.21 – Maquete do projeto padrão proposto para o estado da Bahia.....	56
Figuras 3.22 –Perspectivas do projeto padrão proposto para o estado da Bahia.....	57
Figura 3.23 –Maquetes eletrônicas das circulações internas do bloco de salas de aula..	57
Figura 3.24 – Maquete do projeto Espaço Educativo Urbano I de Rondônia.....	58
Figura 3.25 – Implantação do projeto Espaço Educativo Urbano I de Rondônia.....	59
Figura 3.26 – Corte esquemático mostrando o sistema de ventilação da cobertura.	59
Figura 3.27 – Maquete do projeto de implantação em áreas urbanas.....	60

Figura 3.28 – Plantas do projeto de implantação em áreas urbanas.....	61
Figura 3.29 – Vista geral da escola e do pátio central.....	62
Figura 3.30 –Jardim central e circulação em varanda. Laboratório.....	62
Figura 3.31 – Interior do pátio central-recreação. Alojamento professores.....	63
Figura 3.32 –Vistas gerais da escola.....	63
Figura 3.33 –Cozinha e Pátio central com lanternim.....	63
Figura 3.34 – Maquete do projeto de Tocantins.....	64
Figura 3.35 – Sistema construtivo utilizado na escola de Tocantins.....	65
Figura 3.36 –Fachada bloco didático, ginásio e passarela coberta.....	65
Figura 3.37 –Pátio central e circulação interna do bloco administrativo.....	66
Figura 3.38 – Projeto padrão da Escola Municipal Mestre Darcy do Jongo.....	67
Figura 3.39 –Unidades Rachel de Queiroz (infantil) e Tia Ciata (fundamental).....	67
Figura 3.40 –Todos os ambientes contam com ventilação e iluminação natural.....	68

CAPÍTULO 4 – EDIFÍCIOS DE PEQUENO PORTE EM ESTRUTURA METÁLICA

Figura 4.1 – Estrutura do conjunto CDHU, consorcio Múltipla / Alphametal.....	71
Figura 4.2 – Conjunto Habitacional com edifício Alusa / Brastubo.....	71
Figura 4.3 – Conjuntos habitacionais com os sistemas Gerdau e CSN.....	72
Figura 4.4 - Sistema estrutural com as peças do “Kit” Casa Fácil Gerdau.....	73
Figura 4.5 – Planta padrão e perspectiva da Casa Fácil Gerdau.....	73
Figura 4.6 - Maquetes eletrônicas do Projeto Habitacional COSIPA padrão.....	74
Figura 4.7- Fundação em radier e início da montagem da estrutura.....	75
Figura 4.8- Maquete eletrônica da estrutura e locação das colunas.....	75
Figura 4.9- Seqüência de execução da cobertura.....	75
Figura 4.10- Seqüência de execução do fechamento.....	75
Figura 4.11- Detalhes construtivos e finalização da obra.....	76
Figura 4.12 –Conjunto habitacional e posto médico com sistema CSN.....	76
Figura 4.13 –Estrutura da casa e maquete eletrônica da casa USITETO.....	78
Figura 4.14 –Seqüência de ampliação do projeto USITETO.....	79

CAPÍTULO 5 – RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Figura 5.1 – Palácio de Cristal, de procedência Francesa montado em Petrópolis.....	80
Figura 5.2 – Evolução da racionalização da construção.....	85
Figura 5.3 – Estação Ferroviária de Bananal (SP).....	87
Figura 5.4 – Desmontagem da estrutura da Estação Ferroviária de Bananal (SP).....	88
Figura 5.5 – Variações de malhas regulares.....	89
Figura 5.6 – Centre Georges Pompidou, Paris, França.	89
Figura 5.7 – Museu Guggenheim, Bilbao, Espanha. Vista geral.....	90
Figura 5.8 – Museu Guggenheim, Bilbao, Espanha. Entrada principal.....	90
Figura 5.9 – Subdivisões do módulo básico de 600mm.....	91
Figuras 5.10 – Assentamento de tijolo cerâmico x estrutura metálica.....	94
Figura 5.11 – Assentamento de bloco de concreto x estrutura metálica.....	95
Figura 5.12 – Assentamento de bloco de concreto celular x estrutura metálica.....	96
Figura 5.13 – Prensa manual de produção de tijolo de solo-cimento.....	97
Figura 5.14 – Tijolo solo-cimento assentado sem argamassa e revestimento.....	98
Figura 5.15 – Sistema de fixação das placas de gesso acartonado nos montantes.....	100
Figura 5.16 – (a) Passagem de tubulações entre os painéis de gesso.....	100
Figura 5.16 – (b) Fixação de equipamentos nos montantes do painel de gesso acartonado.....	100
Figura 5.17 – Placa cimentícia em fachada de residência em Steel-Frame.....	101
Figura 5.18 – Placa cimentícia em fachada de galpão industrial.....	101
Figura 5.19 – Obras em estrutura metálica e painel sical.....	102
Figura 5.20 – Detalhe da armação interna do painel sical.....	103
Figura 5.21 – Detalhe do embutimento de tubulações no painel sical.	103
Figura 5.22 – Vista geral da Sociedade São Miguel Arcanjo, Barbacena(MG).....	105
Figura 5.23 – (a) Painéis de argamassa armada com encaixe macho / fêmea.....	105
Figura 5.23 – (b) Pilaretes com encaixe macho / fêmea.....	105
Figura 5.24 – (a) e (b) Etapas de montagem do sistema construtivo.....	106

CAPÍTULO 6 – CONCEITUAÇÃO DO PROJETO

Figura 6.1 – Peças e sistema de montagem do projeto Escola Transitória Modelo Rural.....	108
Figura 6.2 - Modelo do projeto Escola Transitória Modelo Rural para 120 alunos e com posto de saúde integrado.....	109
Figura 6.3 – Croqui representativo do sistema de ventilação cruzada nas salas de aula.....	112
Figura 6.4 – Configuração da malha modulada e do “Módulo Sala de Aula”.....	122
Figura 6.5 – Seções transversais usuais: Perfil “U” enrijecido; U simples; Zeta.....	125
Figura 6.6 – Exemplos de composição de perfis.....	125
Figura 6.7 – Perfil “U” enrijecido x revestimento externo; Perfil “U” simples x revestimento externo.....	126
Figura 6.8 – Tijolo modular de solo-cimento. Sistema de encaixe. Vedação das juntas com cola de PVC. Rejunte para acabamento final.....	128
Figura 6.9 – Etapas da execução de instalações hidráulicas.....	129
Figura 6.10 – Execução de instalações elétricas, etapas da execução.....	129
Figura 6.11 – Encaixe do tijolo de solo-cimento e as colunas guia metálicas.....	130
Figura 6.12 – Perspectiva do encaixe do tijolo de solo-cimento e as colunas guia Metálicas.....	130

CAPÍTULO 7 – CONDICIONANTES DE PROJETO – UM MODELO DE APLICAÇÃO

Figura 7.1 - Malha e planta padrão do módulo sala de aula.....	132
Figura 7.2 –Perfil “U” enrijecido utilizado nas colunas. Colunas de canto. Colunas do meio.....	134
Figura 7.3 –Perfil “U” enrijecido utilizado na viga de cumieira. Perfil “U” enrijecido utilizado nas tesouras. Perfil “Z” simples utilizado nas ripas.....	134

Figura 7.4 –Perfil “U” simples utilizado nos suportes.	
Perfil “U” simples utilizado nas vigas de borda.....	134
Figura 7.5 – MÓDULO 01 – Plano das vigas.....	135
Figura 7.6 – MÓDULO 01 – Plano das ripas.....	136
Figura 7.7 – MÓDULO 01 –Corte AA. Corte DD.....	137
Figura 7.8 – MÓDULO 01 – Corte BB.....	138
Figura 7.9 – MÓDULO 01 –Corte CC. Corte EE.....	139
Figura 7.10 – MÓDULO 01 –Perspectivas da estrutura.....	140
Figura 7.11 – MÓDULO 01 –Detalhes da tesoura.....	141
Figura 7.12 – MÓDULO 01 - Detalhe ligação da tesoura com suporte e cumieira.....	142
Figura 7.13 – MÓDULO 01 –Detalhe ligação da tesoura com suporte e coluna.....	143
Figura 7.14 – MÓDULO 02 – Plano das vigas.....	144
Figura 7.15 – MÓDULO 02 – Plano das ripas.....	145
Figura 7.16 – MÓDULO 02 –Corte AA.....	146
Figura 7.17 – MÓDULO 02 – Corte BB.....	147
Figura 7.18 – MÓDULO 02 –Corte CC. Corte DD.....	148
Figura 7.19 – MÓDULO 02 –Corte EE.....	149
Figura 7.20 – MÓDULO 02 – Perspectivas da estrutura.....	150
Figura 7.21 – MÓDULO 02 – Detalhes da tesoura.....	151
Figura 7.22 – MÓDULO 02 – Detalhe ligação da tesoura com suporte e cumieira.....	152
Figura 7.23 – MÓDULO 02 – Detalhe ligação da tesoura com suporte e ripa.....	153
Figura 7.24 – BLOCO 01 –Fachada frontal, Planta e Fachada posterior.....	155
Figura 7.25 – BLOCO 02 –Fachada frontal, Planta e Fachada posterior.....	157
Figura 7.26 – BLOCO 02 – Solução modificada –Fachada frontal, Planta e Fachada posterior.....	158
Figura 7.27 – BLOCO 03 – Fachada frontal, Planta e Fachada posterior.....	160
Figura 7.28 – BLOCO 04 – Fachada frontal, Planta e Fachada posterior.....	162
Figura 7.29 – BLOCO 05 – Fachada frontal, Planta e Fachada posterior.....	164
Figura 7.30 – Configuração de implantação – Opção 01.....	165
Figura 7.31 – Configuração de implantação – Opção 02.....	165

Figura 7.32 – Configuração de implantação – Opção 03.....	166
Figura 7.33 – Configuração de implantação – Opção 04.....	166
Figura 7.34 – Vista geral da Implantação da escola no Conjunto Habitacional do Bairro Jaqueline.....	167
Figura 7.35 – Simulação de implantação no Conjunto Habitacional do Bairro Jaqueline Opção 01.....	168
Figura 7.36 – Simulação de implantação no Conjunto Habitacional do Bairro Jaqueline Opção 02.....	168
Figura 7.37 – Maquete eletrônica da implantação no Conjunto Habitacional do Bairro Jaqueline.....	169
Figura 7.38 – Maquete eletrônica da implantação no Conjunto Habitacional do Bairro Jaqueline Vista a partir do hall de acesso principal.....	169
Figura 7.39 – Maquete eletrônica da implantação no Conjunto Habitacional do Bairro Jaqueline Vista a partir da varanda do bloco infantil.....	170

CAPÍTULO 8 – CONDICIONANTES DE PROJETO – UM MODELO DE APLICAÇÃO

Figura 8.1 - Fluxograma dos principais elementos para a avaliação do desempenho térmico de uma edificação ventilada naturalmente.....	174
Figura 8.2 - Módulo 01. (a) Planta esquemática. (b) Corte esquemático.....	176
Figura 8.3 - Módulo 02. (a) Planta esquemática. (b) Corte esquemático.....	176
Figura 8.4 - Desenho dos módulos 01 e 02 com a leitura feita na simulação.....	177
Figura 8.5 - Belo Horizonte/MG – Lat.: 19°49’01’’S e Long.: 43°57’23’’W.....	178
Figura 8.6 - Porto Velho/RO – Lat.: 08°45’43’’S e Long.: 63°54’14’’W.....	179
Figura 8.7 - Temperatura interna e externa no Módulo 01 para um dia típico de verão na região de Belo Horizonte.....	183
Figura 8.8 - Temperatura interna e externa Módulo 02 para um dia típico de verão na região de Belo Horizonte.....	184

Figura 8.9 - Temperatura interna e externa para um dia típico de verão na região de Belo Horizonte, com 5 ren/h.....	185
Figura 8.10 - Temperatura interna e externa no Módulo 01 para um dia típico de verão na região de Porto Velho.....	186
Figura 8.11 - Temperatura interna e externa no Módulo 02 para um dia típico de verão na região de Porto Velho.....	187
Figura 8.12 - Temperatura interna e externa para um dia típico de verão na região de Porto Velho, com 5 ren/h.....	187
Figura 8.13 - Temperatura interna para um dia típico de verão, no Módulo 01 com 5 ren/h, em Belo Horizonte e Porto Velho.....	188
Figura 8.14 - Temperatura interna para um dia típico de verão, no Módulo 02 com 5 ren/h, em Belo Horizonte e Porto Velho.....	188

Tabela 6.4 – Programa e dimensionamento do Bloco 03.....	118
Tabela 6.5 – Programa e dimensionamento do Bloco 04.....	119
Tabela 6.6 – Programa e dimensionamento do Bloco 05.....	119
Tabela 6.7 – Área total da escola.....	119
Tabela 6.8 – Dimensões de Sistemas Complementares de Fechamento.....	121

CAPÍTULO 8 – CONDICIONANTES DE PROJETO – UM MODELO DE APLICAÇÃO

Tabela 8.1 – Evolução horária da temperatura de um dia típico de verão.....	180
Tabela 8.2 – Cidades adotadas para a avaliação térmica da edificação.....	181
Tabela 8.3 – Propriedades termofísicas dos elementos de fechamento.....	182
Tabela 8.4 – Coeficiente global de transferência de calor dos sistemas de fechamento.....	182
Tabela 8.5 – Evolução horária da temperatura de um dia típico de verão.....	180
Tabela 8.6 – Evolução horária da temperatura de um dia típico de verão.....	180
Tabela 8.7 – Evolução horária da temperatura de um dia típico de verão.....	180
Tabela 8.8 – Evolução horária da temperatura de um dia típico de verão.....	180

CGA – Gerência de Desenvolvimento da Aplicação do Aço - USIMINAS

GCPP – Grupo de Trabalho para Expansão da Educação Infantil (Secretaria Municipal de Educação de Belo Horizonte)

GEOE – Núcleo de Rede Física Escolar (Secretaria Municipal de Educação de Belo Horizonte)

IIST - International Iron and Steel Institute

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

LSE - Levantamento da Situação Escolar

MEC - Ministério da Educação e Cultura

NEEC - Núcleo de Extensão e Ensino Comunitário

SAEB - Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Básico

UPEC – Unidade Padrão Escolar

UIA – União Internacional de Arquitetos

Portanto, faz-se necessário promover ações que busquem soluções viáveis para amenizar o déficit de escolas e conseqüentemente melhorar os índices negativos de alfabetização no país. Tão importante quanto criar soluções viáveis, é direcionar o foco das mesmas para as regiões mais carentes, onde apesar dos índices serem mais alarmantes geralmente não são gerados programas com resultados efetivos.

Além disso, faz-se necessário todo um estudo interdisciplinar no intuito de otimizar e tornar eficazes as soluções geradas. Tal estudo deve focar tanto questões relativas à configuração e funcionamento dos espaços arquitetônicos, quanto à otimização e adequação de processos construtivos compatíveis com as técnicas e tendências atuais à realidade das comunidades em que serão implantados.

1.2 – Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver condicionantes de projeto para unidades escolares de ensino infantil, fundamental e médio, de pequeno e médio porte; visando a implantação em pequenas comunidades, áreas rurais e municípios carentes. Com isso busca-se orientar concepções arquitetônicas adequadas ao sistema de ensino atual e com a devida flexibilidade e modulação para atender às suas constantes mudanças. Como o enfoque da pesquisa está voltado para sistemas construtivos em aço, mais especificamente perfis formados a frio, faz-se necessário abordar também soluções estruturais, de materiais de fechamento e acabamento, que proporcionem uma edificação que seja de fácil execução e economicamente viável.

A proposta é adotar o conceito de sistema construtivo aberto, que possa se adaptar às diversas regiões do país através de alterações em seus materiais de fechamento e/ou acabamento, utilizando opções alternativas, de fácil obtenção e baixo custo disponíveis em cada local para adaptar o projeto ao clima e realidade social.

Agregado a isso, as condicionantes relativas ao sistema estrutural devem direcionar o desenvolvimento de esquemas de montagem simplificados, possibilitando que as escolas possam ser executadas de forma fácil e rápida. Assim como o detalhamento de sistemas de ligação e interfaces de fácil execução que possibilitem, quando necessário, a construção das escolas no sistema de auto-construção pela comunidade. Este recurso configura-se como uma característica a mais a favor da diminuição dos custos de implantação do edifício.

Acredita-se que a implantação de princípios de industrialização mesmo em regiões menos desenvolvidas, através de trabalhos de orientação e supervisão, apresenta-se como uma alternativa não só de agregar valores como de contribuir para a disseminação e familiarização destes conceitos.

A partir da aplicação destas condicionantes, desenvolve-se uma proposta arquitetônica com seu respectivo sistema construtivo, para um edifício escolar modulado, de pequeno ou médio porte, direcionado a suprir a carência de soluções específicas de implantação em pequenas comunidades, áreas rurais e municípios carentes. Tal proposta tem como objetivo viabilizar a justaposição de todas as condicionantes desenvolvidas em uma simulação de implantação real a fim de se obter resultados satisfatórios em termos tanto de espaço e funcionamento quanto de qualidade construtiva, e acima de tudo, compatível com a realidade de regiões com baixos indicadores sociais.

1.3 – Justificativa e motivação do tema

A motivação para o início deste trabalho, muito antes da escolha de um tema específico foi estabelecer um estreito diálogo entre o universo da engenharia, neste caso especial voltada para construções em aço, e o processo projetual arquitetônico, de forma a enriquecer e complementar o resultado final. Tornando assim, o gerenciamento de projeto, tomada de decisões, especificações e detalhamentos, procedimentos mais eloqüentes e completos devido à grande interatividade entre ambas as áreas. Especialmente quando se fala em desenvolvimento de sistemas construtivos, faz-se muito tênue o limite entre especificações

técnicas e desenvolvimento de soluções arquitetônicas. Portanto, busca-se gerar condicionantes que proporcionem a otimização do intercâmbio entre a engenharia/construção em aço e a arquitetura.

É grande o número de pesquisas voltadas a desenvolver soluções para habitações de interesse social, setor com grande déficit no Brasil. Entretanto, para dar suporte e autonomia aos grandes conjuntos habitacionais construídos nos grandes centros, bairros mais carentes de pequenas cidades e ou assentamentos rurais, faz-se necessário o desenvolvimento de projetos para atender a todo um elenco de equipamentos urbanos de apoio a estas áreas, como escolas, creches, postos de saúde, centros comunitários, entre outros.

Diante deste quadro e da situação alarmante do sistema de ensino e rede física de escolas no país, que deixa evidente uma grande demanda por soluções; adotou-se como tema o desenvolvimento de condicionantes de projeto para unidades escolares de ensino infantil, fundamental e médio de pequeno ou médio porte, direcionadas à implantação em pequenas comunidades, áreas rurais e municípios carentes, a partir das quais pretende-se gerar uma proposta de projeto.

Através dos dados apresentados nas tabelas 1.1 e 1.2, é possível validar a pertinência do tema proposto. Nestas tabelas mostra-se um resumo dos dados obtidos através de um cadastro de estabelecimentos de ensino da rede de ensino municipal e estadual, realizado na região do Vale do Jequitinhonha (MG), pela Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais no ano de 2003. A partir destes dados é possível constatar que a grande maioria das escolas desta região, que é a mais carente do estado, possui até quatro salas de aula e apresenta situação muito precária no que diz respeito ao restante das dependências. Com isso, fica evidente a necessidade de gerar soluções viáveis construtiva e economicamente para amenizar este quadro.

Acredita-se que é a partir da experimentação e intercâmbio de diferentes áreas de conhecimento que surgem soluções se não inovadoras, pelo menos eficazes e adequadas às funções às quais se propõem. Com isso, o tema foi escolhido antes de tudo com o propósito de desenvolver uma pesquisa interdisciplinar, buscando conhecimentos nas diversas áreas que envolvem o universo dos edifícios escolares, a engenharia de estruturas e a arquitetura.

Tabela 1.1 – Amostragem das escolas e respectivas dependências das cidades com mais de 30 mil habitantes do Vale do Jequitinhonha

CIDADES COM MAIS DE 30 MIL HABITANTES																		
CIDADE	Número de Salas	Número de Escolas	Dependências															
			Dep. Alimentos	Refeitório	I. S. dentro prédio	I. S. fora do prédio	Biblioteca	Diretoria	Secretaria	Sala Professores	Dormitório	Lab. Ciências	Lab. Informática	Sala Tv/Video	Cantina	Sala Leitura	Almoxarifado	Quadra Descoberta
SALINAS	< 4 salas	41	12	02	12	25	00	02	10	00	00	00	00	00	00	00	01	00
	de 4 a 9	11	08	05	06	04	04	07	09	06	00	00	00	00	02	00	01	00
	> 10 salas	06	06	04	05	00	05	06	06	04	00	03	01	03	01	00	02	03
	TOTAL	58	26	11	23	29	09	15	25	10	00	03	01	03	03	00	03	04
ARAÇUAÍ	< 4 salas	34	08	00	03	01	00	01	11	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	de 4 a 9	12	07	01	07	00	05	05	10	06	02	00	00	00	05	00	00	02
	> 10 salas	08	07	02	08	01	08	07	08	08	01	04	04	04	04	00	00	04
TOTAL	54	22	03	18	02	13	13	29	14	03	04	04	04	09	00	00	06	01

Fonte: Secretaria de Estado de Educação de Minas gerais (2004)

Tabela 1.2 – Amostragem das escolas e respectivas dependências das cidades com menos de 10 mil habitantes do Vale do Jequitinhonha

CIDADES COM MENOS DE 10 MIL HABITANTES																		
CIDADE	Número de Salas	Número de Escolas	Dependências															
			Dep. Alimentos	Refeitório	I. S. dentro prédio	I. S. fora do prédio	Biblioteca	Diretoria	Secretaria	Sala Professores	Dormitório	Lab. Ciências	Lab. Informática	Sala Tv/Video	Cantina	Sala Leitura	Almoxarifado	Quadra Descoberta
BERIZAL	< 4 salas	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	de 4 a 9	04	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	> 10 salas	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
TOTAL		06	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
FRUTA DE LEITE	< 4 salas	05	00	00	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	de 4 a 9	02	01	01	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	> 10 salas	03	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
TOTAL		10	01	01	01	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
INDAIBIRA	< 4 salas	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	de 4 a 9	09	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	> 10 salas	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
TOTAL		11	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
CEL. MURTA	< 4 salas	03	02	00	02	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	de 4 a 9	04	04	00	04	00	01	02	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	> 10 salas	02	02	00	02	00	02	02	02	02	00	01	02	00	01	00	00	01
TOTAL		09	08	00	08	01	03	04	04	02	00	01	02	00	01	00	00	01
J.GONÇALVES DE MINAS	< 4 salas	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	de 4 a 9	07	01	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	> 10 salas	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
TOTAL		08	01	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Fonte: Secretaria de Estado de Educação de Minas gerais (2004)

Cabe salientar que assim como a solução estrutural, a linguagem arquitetônica deve ser compatível com o tipo de implantação ao qual se destina o projeto, tanto em termos estéticos quanto em relação ao dimensionamento, configurando propostas que possam se adaptar a diversas situações sem agredir o entorno. Uma escola deve sim configurar-se como um ponto de referência da comunidade na qual se insere, mas deve fazê-lo pelo seu caráter sócio-cultural e não por possuir um caráter monumental. Para o tipo de implantação que se propõe, é necessário que a composição estética e a volumetria busquem soluções simples, não simplórias, mas compatíveis com o repertório estético dos usuários de forma a tornar-se convidativa e acolhedora.

Mais do que o desenvolvimento de condicionantes, objetiva-se com a aplicação das mesmas na concepção de uma edificação escolar, mostrar que uma arquitetura bem desenvolvida e pesquisada, pode gerar um produto com muitos outros valores agregados. Isto é, desestigmatiza-se a construção de baixo custo como uma construção arquitetônica e esteticamente desprovida de valores, desconfortável e de curta vida útil; e mostra-se que a arquitetura pode ser um forte instrumento de otimização dos espaços escolares, influenciando de forma direta no desenvolvimento das atividades fundamentais para estes estabelecimentos.

1.4- Metodologia Adotada

Para o desenvolvimento deste trabalho, adota-se uma metodologia dividida em duas etapas, sendo uma etapa investigatória e uma etapa de proposição de condicionantes para projetos de unidades escolares para ensino infantil, fundamental e médio de pequeno ou médio porte, em pequenas comunidades, áreas rurais e municípios carentes.

Com a pesquisa e levantamento de experiências referentes a edifícios escolares, independente do sistema construtivo e materiais utilizados ou do padrão da edificação; buscam-se informações no que se refere às concepções espaciais e linhas de pedagogia utilizadas e os resultados obtidos. Esta etapa serve de base para a proposição de

condicionantes de projeto e a aplicação das mesmas na concepção de projeto arquitetônico, voltado a atender a demanda de comunidades carentes, para tanto, foram priorizados os seguintes aspectos:

- a) Contextualização histórica da evolução dos edifícios escolares enfocando relação arquitetura e concepção pedagógica e sua influência sobre a criação dos espaços.
- b) Pesquisa da bibliografia existente sobre arquitetura e educação focando os projetos desenvolvidos com fortes bases conceituais.
- c) Entrevistas com especialistas na área, pedagogos e arquitetos, levantando fatores relevantes e os resultados positivos e negativos existentes em diversas experiências.
- d) Análise de bibliografias, experiências e/ou projetos semelhantes, com soluções padronizadas.
- e) Levantamento das normas, diretrizes e manuais específicos para projetos de edificações escolares existentes.

A etapa referente à proposição de condicionantes de projeto estrutural considera o desenvolvimento técnico do sistema construtivo baseado especificamente em construções de baixo custo, estruturadas em aço com perfis formados a frio. Além disso, foram pesquisados materiais de fechamento compatíveis com o tipo de estrutura abordada.

O levantamento dos dados relatados acima, aliado a uma pesquisa sobre coordenação modular, possibilitou o desenvolvimento da conceituação necessária para a proposição das condicionantes de projeto arquitetônico, sob o foco da industrialização deste processo e ainda considerando as características específicas da estrutura metálica em perfis formados a frio.

1.5 - Estrutura do Trabalho

Além do capítulo introdutório este trabalho se divide em sete outros capítulos e um anexo. No capítulo 2 é feita uma contextualização da evolução dos projetos de edifícios escolares no país, mostrando que a evolução das concepções pedagógicas, das técnicas e materiais

construtivos e até mesmo das relações interpessoais tiveram influência direta nas modificações ocorridas nos espaços escolares ao longo do tempo. Além disso, neste capítulo faz-se um breve relato das principais diretrizes referentes a projetos de edifícios escolares consultadas, ressaltando os pontos principais de cada uma.

No capítulo 3 mostra-se uma série de projetos de escolas padrão desenvolvidos no país. São relatadas desde as experiências bem sucedidas e em funcionamento, até projetos que acabaram por ser desativados ou nem chegaram a ser construídos, com o intuito de mostrar um panorama geral da produção existente com este enfoque.

A pesquisa referente a construções de baixo custo estruturadas em aço realizada para fundamentar o desenvolvimento do projeto estrutural e sistema construtivo é mostrada no capítulo 4. São relatados os principais projetos desenvolvidos e inseridos no mercado atualmente.

No Capítulo 5 expõem-se os conceitos básicos que norteiam um bom projeto arquitetônico e que são imprescindíveis quando se trata de projetos estruturados em aço, como racionalização, industrialização e coordenação modular. Além disso, é feito o levantamento de alguns materiais de fechamento compatíveis com o projeto a ser desenvolvido.

No capítulo 6 mostram-se o desenvolvimento das condicionantes de projeto tanto para a concepção arquitetônica quanto para o sistema construtivo. Assim, são definidos o programa arquitetônico, dimensionamento de espaços, a forma de articulação entre eles e são apresentados também o sistema estrutural, de fechamento e a modulação do projeto.

Uma aplicação das condicionantes através da proposição de uma edificação escolar é apresentada no capítulo 7 onde se mostra a configuração do sistema estrutural e concepção arquitetônica, além de algumas opções de implantação e futuras ampliações e uma simulação de implantação em um terreno real.

Os ensaios e resultados referentes ao desempenho térmico e ao pré-dimensionamento, do exemplo proposto, estão relatados no capítulo 8.

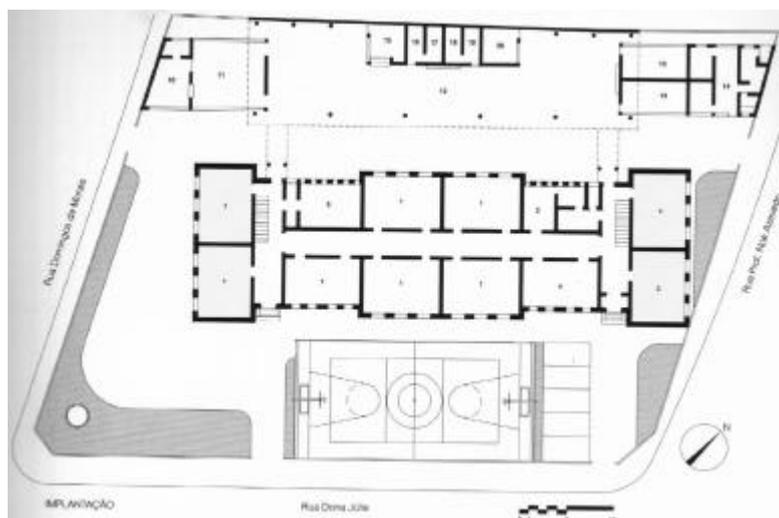
No capítulo 9 apresentam-se as conclusões do trabalho desenvolvido e sugestões para trabalhos futuros.

No anexo I são apresentadas tabelas geradas a partir do Cadastro de Estabelecimentos de Ensino, por População, Média de Alunos/Turmas e Dependências da Rede de Ensino Municipal e Estadual, realizado pela Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais no ano de 2003.

No anexo II apresenta-se parte do manual Espaços Educativos, Ensino Fundamental Subsídios para Elaboração de Projetos e Adequação de Edificações Escolares. Cadernos Técnicos 4, Volume 2 (FUNDECOLA, 2000), referente ao programa arquitetônico e dimensionamento de escolas para áreas rurais.

No anexo III é apresentado o detalhamento de todas as peças do sistema estrutural proposto pelo projeto arquitetônico e sistema construtivo desenvolvidos.

simétrica e imponente, porém rígida, aos moldes da educação do período. As construções de influências neoclássicas, neogóticas e neocoloniais se caracterizam por possuírem basicamente salas de aula em número reduzido e com uma rígida divisão espacial entre sexos, já que meninos e meninas não podiam se encontrar. Tinham até mesmo entradas e recreios separados, o que muitas vezes gerava projetos com grandes muros dividindo todo o terreno ao meio. Com o surgimento das escolas com dois andares esta separação muitas vezes era feita pelos pavimentos (FDE, 1998). Um exemplo desta concepção é a Escola Estadual Marechal Floriano, projeto de Ramos de Azevedo do ano de 1895 em São Paulo, onde pode-se observar planta e fachada típicas do início do século XX com total simetria e entradas separadas para alunos do sexo feminino e masculino (figuras 2.1 e 2.2).



**Figura 2.1 – Escola Estadual Marechal Floriano, 1895, São Paulo – SP. Planta simétrica.
Fonte: FDE (1998)**

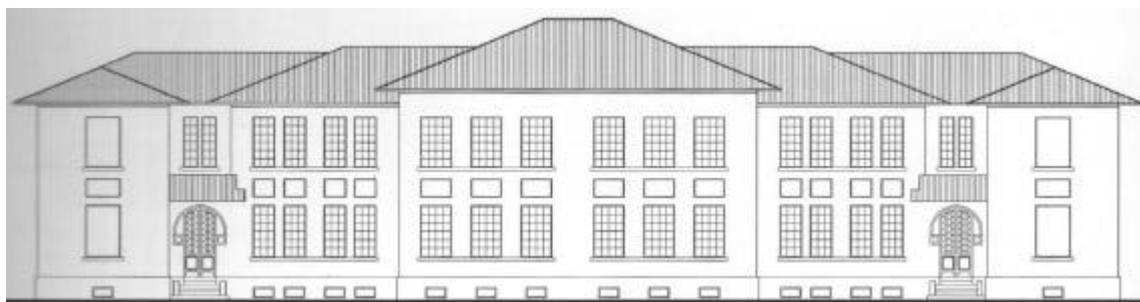


Figura 2.2 – Escola Estadual Marechal Floriano, 1895, São Paulo – SP. Fonte: FDE (1998)

Já os edifícios das Escolas Normais, eram mais elaborados, com projetos e programa mais detalhados e tinham maior status nas cidades, sendo edifícios maiores e mais imponentes cujas plantas possuíam além das salas de aula, biblioteca, anfiteatro e laboratórios (FDE, 1998). Estas escolas eram destinadas exclusivamente ao público feminino. No edifício da Escola Normal Álvaro Guião que foi projetada por Carlos Rosencrantz na cidade de São Carlos em 1911, fica evidente toda a imponência adotada nestas construções, como pode-se observar nas figuras 2.3 e 2.4.



Figura 2.3 – Planta da Escola Normal Álvaro Guião, São Carlos - SP, 1911. Fonte: FDE (1998)



Figura 2.4 – Vista geral da Escola Normal Álvaro Guião, São Carlos - SP, 1911. Fonte: FDE (1998)

Após mudanças ocorridas na política nacional em 1930, surgiram alguns critérios específicos para construções escolares que geraram modificações e modernizações nos edifícios deste período. O ensino, antes vinculado a outras secretarias e ministérios, passa a ter pasta própria com a criação do Ministério da Educação e Saúde Pública. Nos novos projetos surge uma maior preocupação com a higiene e a desinformação dos alunos a respeito deste assunto. Assim, são incluídos ambientes próprios para este fim nas escolas, como sala para a educadora sanitária, gabinete dentário, e na capital, vestiários para banho diário. Além disso, passam a fazer parte do programa as salas de leitura e o auditório-ginásio para abrigar atividades musicais, teatrais, esportivas e assembléias. Os edifícios passam a ser projetados com influências da arquitetura moderna, porém ainda com alguns resquícios do Art Deco. Surgem as esquadrias metálicas, ampliando e tornando mais horizontais as aberturas das salas de aula. As fachadas e a volumetria se configuram por formas puras e geométricas sem muitos ornamentos como pode ser visto na figura 2.5 da Escola Estadual Godofredo Furtado no Jardim América, e na figura 2.6 da Escola Estadual Silva Jardim em Tucuruvi em São Paulo; ambas projetadas por José Maria da Silva Neves na década de 1930 (FDE, 1998).

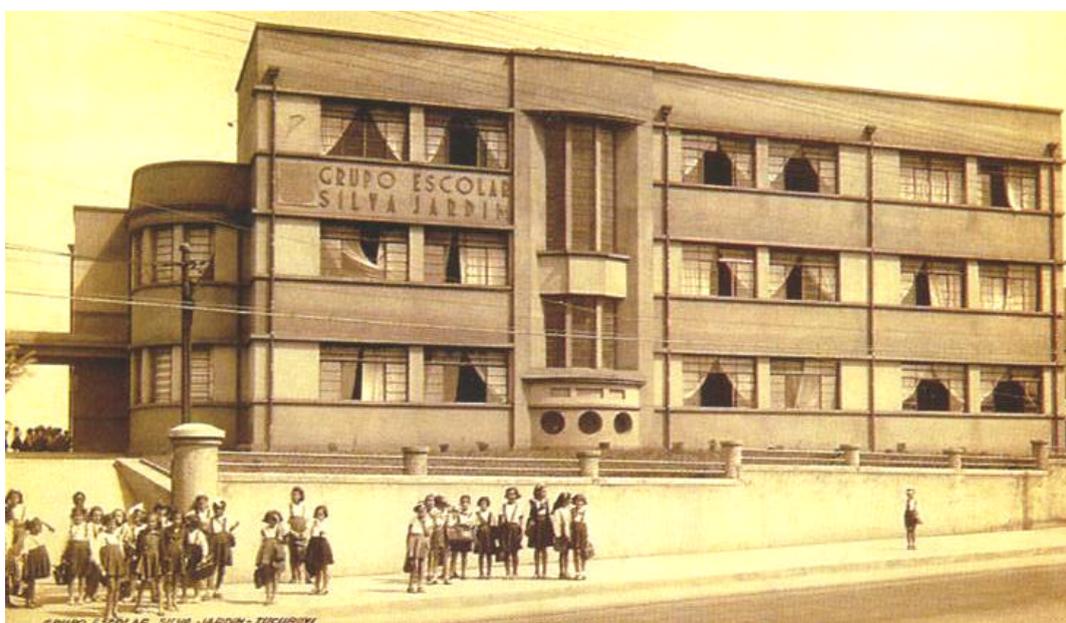


Figura 2.5 – Escola Estadual Godofredo Furtado, Jardim América – SP, 1930. Fonte: FDE, (1998).



Figura 2.6 – Escola Estadual Silva Jardim, Tucuruvi – SP, 1930. Fonte: FDE, (1998).

Neste mesmo período surge uma maior preocupação com a orientação e implantação do edifício e uma boa orientação solar para as salas de aula. Se antes já havia uma certa preocupação com o posicionamento das aberturas em relação aos alunos, agora a própria volumetria se modifica privilegiando o conforto. Os edifícios deixam de ser volumes compactos com a circulação central entre as salas de aula para se caracterizar por uma planta estruturada por eixos ortogonais onde a circulação possui salas em apenas um de seus lados originando na maioria das vezes plantas com configurações em “L” ou em “U” (FDE, 1998). Outros dois projetos do arquiteto José Maria da Silva Neves, apresentados nas figuras 2.7 e 2.8 a seguir, exemplificam bem esta nova linguagem.

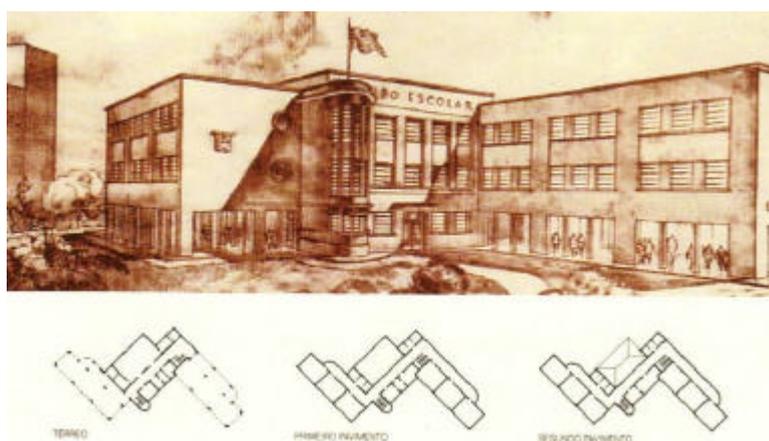


Figura 2.7 – Escola Estadual Visconde Congonhas do Campo, Tatuapé – SP, 1930. Fonte: FDE, (1998).

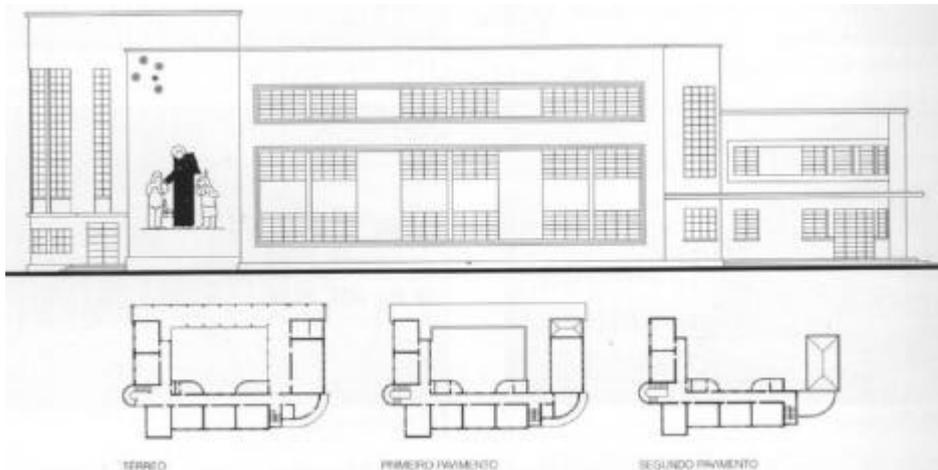


Figura 2.8 – Escola Estadual Professora Marina Cintra, Consolação – SP, 1930. Fonte: FDE, (1998).

A constituição de 1946 determina que União, Estados e Municípios passem a investir uma porcentagem mínima dos recursos arrecadados na educação primária, surge então uma nova fase da arquitetura escolar. A partir deste período as características da arquitetura moderna já estão consolidadas neste tipo de construção, como se observa na obra do arquiteto Hélio Duarte no início da década de 1950 apresentada na figura 2.9. Os modelos pedagógicos e experiências europeias na área da educação passam a ser adotados como parâmetro: **a criança como referência central de todas as reflexões.**

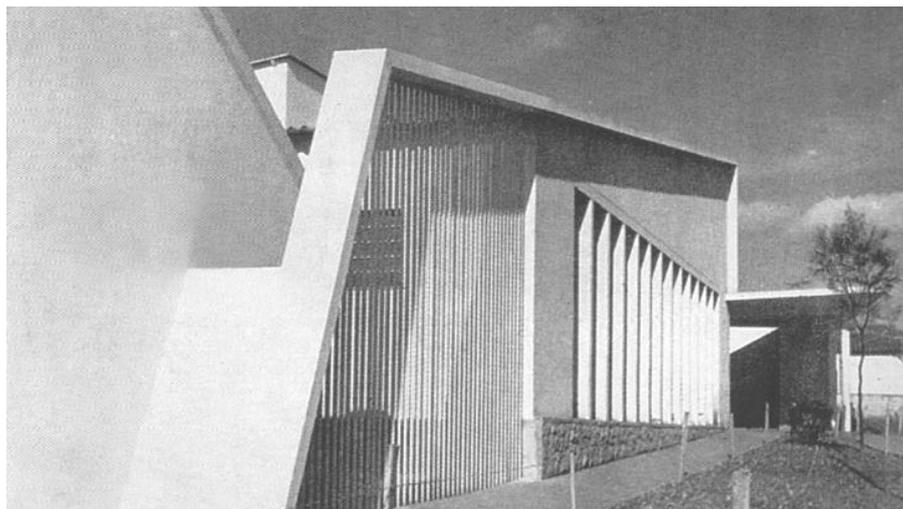


Figura 2.9 – Escola Estadual Pandiá Calógeras, SP de Hélio Duarte. Fonte: FDE, (1998).

A pedagogia passa a ser entendida de uma forma mais abrangente, onde atividades complementares da educação formal, as atividades físicas e o bem estar corporal tornam-se aspectos fundamentais na formação do indivíduo. Sob esta nova ótica, a espacialidade das escolas se modifica e é enriquecida pela adequação do prédio à escala da criança, pela abundância de ar e luz e pela maior integração com a natureza; conforme é ilustrado na figura 210 que mostra o interior de uma sala de aula projetada por Helio Duarte a partir destes princípios (FDE, 1998).



**Figura 2.10 – Escola Estadual Brasília Machado de Hélio Duarte, SP, início de 1950.
Fonte: FDE, (1998).**

Os modelos de edifícios utilizados até então são veementemente criticados pelos arquitetos que passam a considerá-los atrasados, formais e opressores. Certas linhas de pensamento defendem a implantação de duas categorias de ensino: o tradicional que seria ministrado nos edifícios ‘Escola-Classe’ (seguindo os moldes já vigentes); e o complementar, para o qual seriam criados os edifícios ‘Escola-Parque’, com atividades esportivas, artísticas, musicais entre outras. Estes últimos, em muitos casos atenderiam a diversas ‘Escolas-Classe’ de uma mesma região, como é o caso do estudo feito por Eduardo Corona para a Escola Parque Infantil da Vila Pompéia em São Paulo, apresentado na figura 2.11.

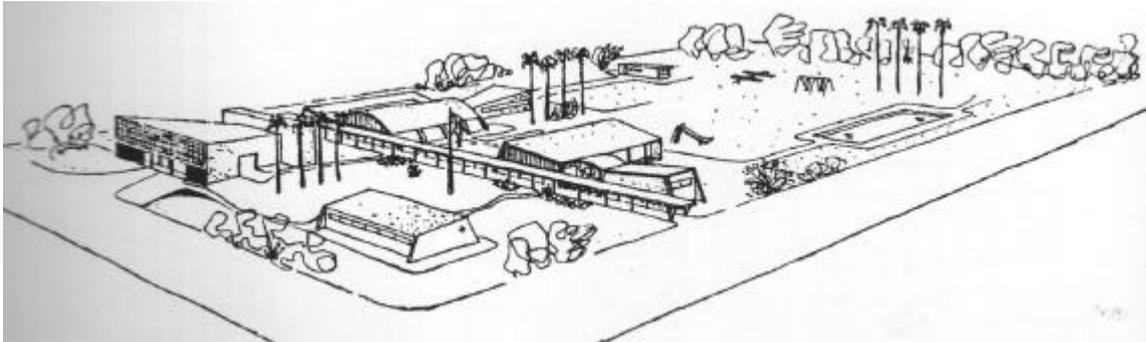
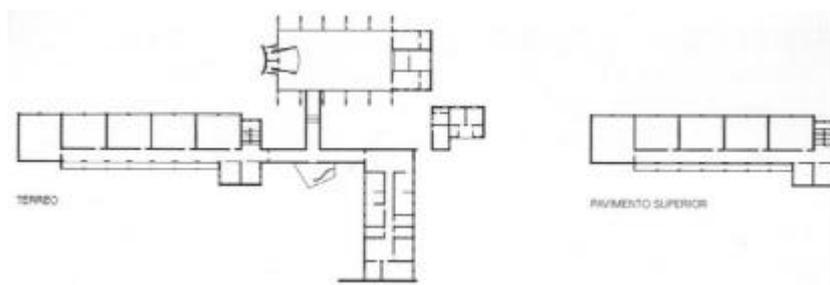


Figura 2.11 – Estudo da Escola Parque Infantil na Vila Pompéia, SP, meados de 1950 de Eduardo Corona. Fonte: FDE, (1998).

Neste período, as escolas se consolidam também como importante equipamento urbano, ponto de reuniões sociais onde a comunidade realiza pequenos bailes, cursos para mães, noivas, pequenas palestras, teatros, jogos, etc.

Surge uma nova concepção separando as atividades em blocos específicos para ensino, administração e recreação. Estes têm configurações distintas e são unidos por circulações externas, como é o caso da Escola Estadual Murtinho Nobre apresentada na figura 2.12, projeto de meados da década de 1950, de Hélio Duarte. Os blocos com salas de aula quase sempre têm dois pavimentos, voltados para nordeste privilegiando a insolação. Já os blocos de administração geralmente são de um só pavimento interligado ao das salas e possuem aberturas menores assim como as da circulação identificando uma hierarquia de funções no edifício. Os blocos de recreação são galpões, muitas vezes com coberturas em grandes arcos de concreto pré-moldado, provavelmente a primeira experiência com este sistema construtivo neste seguimento de construção (FDE, 1998).



(a)



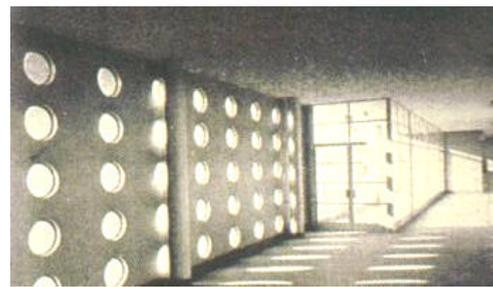
(b)

Figura 2.12 – Escola Estadual Murtinho Nobre, Cambuci – SP. Configuração em blocos e galpão em arco pré-moldado. (a) Planta; (b) Fachada. Fonte: FDE, (1998).

O sistema de ventilação cruzada passa a ser utilizado na maioria dos edifícios, geralmente através do corredor que é sempre bem ventilado. Com grandes caixilhos em panos de vidro, peitoris baixos e a exploração dos elementos vazados (cobogos) como apelo estético e de auxílio à ventilação, as escolas passam a ter ambientes cada vez mais agradáveis. A utilização de tais recursos pode ser bem exemplificada com as fotos da Escola Estadual Brasília Machado, também projeto do arquiteto Hélio Duarte, apresentada na figura 2.13.



(a)



(b)



(c)



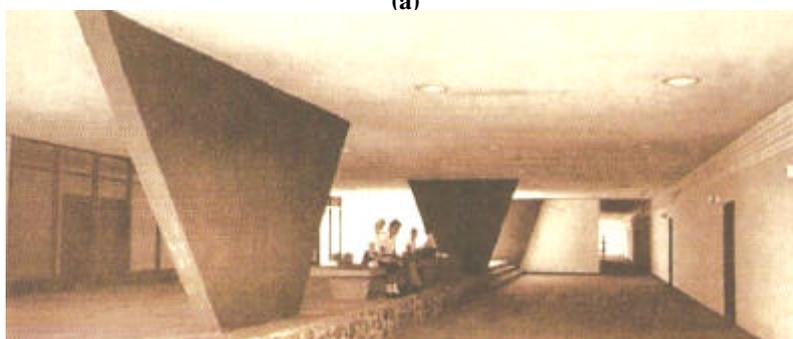
(d)

Figura 2.13 – Escola Estadual Brasília Machado de Hélio Duarte, SP, início de 1950. (a) Fachada. (b) e (c) Elementos vazados para promover a ventilação cruzada. (d) Pátio formado pelos blocos do edifício. Fonte: FDE, (1998).

Na década de 60 surge mais uma concepção arquitetônica para os edifícios escolares que adotam nova linguagem arquitetônica e alteram novamente a concepção de espaços. Desta vez se configuram como volume único com grandes lajes de concreto sustentadas por pórticos que tornam-se forte característica arquitetônica além dos jogos de luz e sombra, cheios e vazios muitas vezes configurados pelos cobogós. Constroem-se edifícios de grande riqueza espacial, privilegiando os espaços de convívio, como no caso do Grupo Escolar de Itanhaém (SP) projetado por Vilanova Artigas e Carlos Cascaldi (figura 2.14).



(a)



(b)

Figura 2.14– Grupo Escolar de Itanhaém, SP, 1959 de Vilanova Artigas e Carlos Cascaldi. (a) Edifício em volume único. (b) Interior, com grandes lajes e pórticos de concreto. Fonte: FDE, (1998).

Outro exemplo da produção deste período é o edifício do Ginásio de Guarulhos, SP, 1961 também projetado por Vilanova Artigas e Carlos Cascaldi. Este projeto mantém os mesmos princípios de jogos de luz e sombra com muita utilização dos cobogós, grandes vãos com circulações generosas, porém com uma linguagem arquitetônica diferenciada como é ilustrado na figura 2.15.

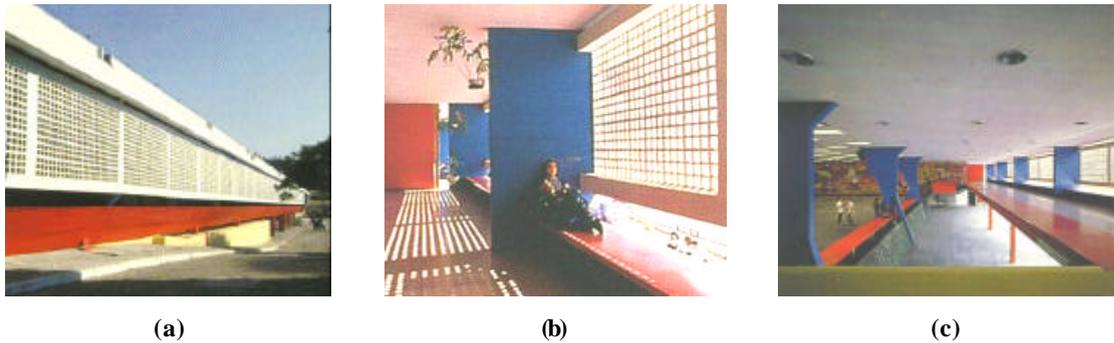


Figura 2.15– Ginásio de Guarulhos, SP, 1961 de Vilanova Artigas e Carlos Cascaldi. (a) Fachada salas de aula. (b) Jogos de luz e sombra com cobogós. (c) Circulações generosas. Fonte: FDE, (1998).

Todo esse processo evolutivo de constantes modificações nas concepções arquitetônicas, foi um reflexo da reformulação de concepções pedagógicas e do sistema de ensino no país. É claro que houve também uma forte contribuição da evolução tecnológica, das tendências arquitetônicas e do surgimento de novos materiais e sistemas construtivos em cada período, formando um conjunto de condicionantes. Durante estas fases foram elaborados tanto projetos específicos para determinado terreno e lugar, quanto projetos padrão que seriam repetidos em uma mesma cidade ou estado dependendo das demandas de cada época e, sobretudo, do tempo disponível para execução tanto dos projetos quanto das obras. Existe o curioso relato, por exemplo, de um projeto padrão que foi desenvolvido para o Estado de São Paulo por volta de 1920 devido à necessidade de se construir um grande número de escolas em curto espaço de tempo, em que as fachadas eram alteradas muitas vezes até mesmo por outro arquiteto para que a configuração estética não fosse a mesma.

Esta dinâmica vem se repetindo de certa forma ao longo do tempo. É claro que com o sistema de ensino consolidado as modificações neste setor já não são mais tão intensas e significativas, mas no que se refere à concepção pedagógica ainda existem variações. Até em um mesmo período, escolas de uma mesma cidade podem adotar concepções diferentes.

De 1960 em diante foram constantes as modificações e experiências no que se refere à produção de edifícios escolares, porém agora não mais com períodos e características tão fortemente demarcadas. Entretanto o quadro de edificações no país vem se tornando cada

vez mais deficiente e ultrapassado, seja pelo déficit de edificações, pela falta de adequação dos projetos às constantes modificações pedagógicas e de demanda, ou pela falta de novas experiências bem sucedidas, sobretudo contemplando projetos padrão para regiões de baixos indicadores sociais.

Além disso, a distribuição de edifícios tanto no país quanto nos estados é muito desigual, havendo sempre regiões muito desfavorecidas em relação a outras. Evidentemente estas regiões são sempre as de baixos indicadores sociais, que, conseqüentemente, são as maiores responsáveis pelo crescimento dos índices de analfabetismo no país. Quando existem escolas nestes locais, as mesmas funcionam em edifícios muito precários, o que acaba causando uma grande evasão escolar devido à inadequação dos espaços que gera um grande desconforto, desestimulando os alunos.

A partir deste período, as experiências mais significativas no cenário nacional surgiram de “projetos padrão” idealizados por governos estaduais e ou municipais, muitos concebidos por arquitetos renomados. Desenvolvidos em períodos distintos, com concepções pedagógicas e sistemas construtivos variados, alguns destes projetos ainda têm unidades em funcionamento, outros tiveram poucos edifícios construídos ou foram desativados rapidamente. Uma amostra desta produção é descrita no próximo capítulo em tópico específico sobre escolas padrão.

2.2 – Diretrizes para Projetos de Edifícios Escolares

Durante o processo evolutivo de desenvolvimento de projetos e construção de escolas, foram gerados diversos manuais e diretrizes, abordando todos os aspectos do processo de projeto. Este material foi se aprimorando com o tempo, e chegaram a ser desenvolvidos volumes bastante elaborados, integrando concepções pedagógicas à conformação do espaço arquitetônico e condições mínimas de salubridade e conforto, além de abordar questões desde a escolha do terreno mais adequado até o mobiliário e questões de acessibilidade.

Grande parte desta produção foi criada por órgãos públicos com função específica de gerenciar e executar projetos e obras escolares, seja no âmbito nacional ou estadual. Para o desenvolvimento das condicionantes tanto da conceituação arquitetônica quanto da parte técnica da concepção de projeto de unidades escolares conforme se pretende, é de fundamental importância o conhecimento e domínio de tais diretrizes. Portanto, na fase de pesquisa anterior ao desenvolvimento das condicionantes de projeto, diversos materiais com este enfoque foram consultados.

Entre as fontes consultadas durante a pesquisa, são apresentados a seguir os três exemplares nos quais este trabalho se baseou, cruzando os dados dos mesmos de modo a se obter parâmetros iniciais para o desenvolvimento das condicionantes referentes à concepção do projeto. Tal material foi adotado por se mostrarem como fontes consistentes, bem elaboradas e por apresentarem níveis de abrangência distintos, sendo que o primeiro foi desenvolvido por um governo estadual; o segundo também a nível estadual, porém tratando-se de um projeto específico e o terceiro apresenta um conjunto de diretrizes de abrangência nacional.

2.2.1 – Diretrizes da Comissão de Construção, Ampliação e Reconstrução dos Prédios Escolares CARPE

A Comissão de Construção, Ampliação e Reconstrução dos Prédios Escolares (CARPE) foi o órgão que coordenou a concepção e construção de escolas no estado de Minas Gerais por muito tempo e paralelamente, desenvolveu um completo material referente às diretrizes para projetos das mesmas. Entretanto, após sua extinção há mais de 15 anos não foi criado nenhum outro órgão para gerir este setor nem uma atualização deste material, que ainda é utilizado atualmente, mesmo estando desatualizado em algumas questões.

O recurso adotado é cruzar as informações do manual da CARPE com novos parâmetros que foram sendo criados ao longo do tempo, ou a partir dele gerar diretrizes específicas para o projeto a se desenvolver. O número de alunos nas salas de aula, por exemplo, que já

foi 40 atualmente gira em torno de 25 a 35, visando otimizar o ensino. Apesar disso é válida a utilização deste material, por ser ainda, o maior conjunto de referências utilizado na produção estadual de escolas.

Dentre o conjunto de diretrizes iniciais para projeto que foi assimilado do material da CARPE, podemos destacar as seguintes orientações para implantação de escolas de ensino fundamental, que pode abrigar futuramente turmas de 5ª a 8ª série:

- Sempre que possível, adotar soluções térreas.
- Localizar atividades ruidosas longe das áreas de atividades tranqüilas. Se não for possível, prever separação protetora entre os prédios.
- Manter, dentro do possível, a vegetação existente. Se não houver vegetação, deve-se prever sua colocação desde o início. Ela servirá de proteção contra o sol excessivo, ventos fortes e ruídos.
- Localizar os prédios o mais perto possível das fontes de abastecimento de água (rede pública ou poço) e de eletricidade. Deve-se dar preferência à aproximação da fonte de água pois a construção de rede interna é mais cara.
- Evitar que o sol incida diretamente nas salas de atividades que requerem permanência prolongada (figura 2.16).

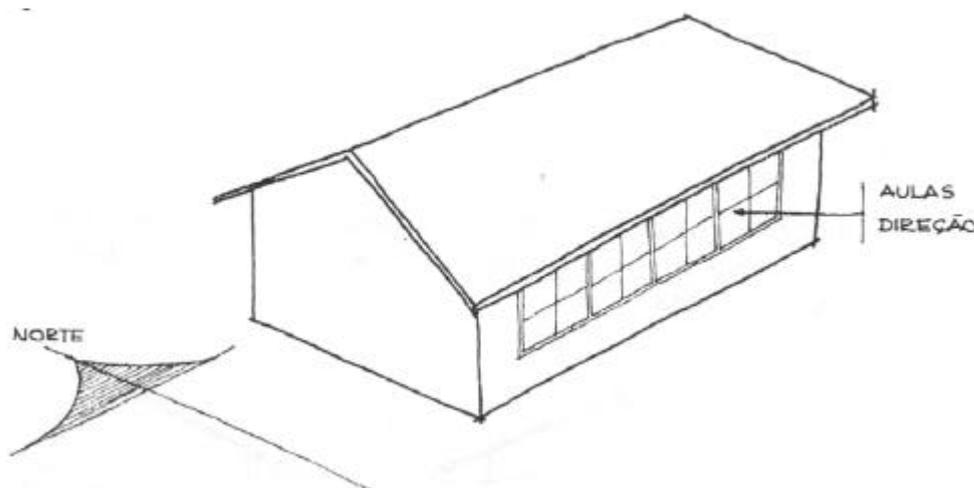


Figura 2.16 – Croqui do Manual da CARPE - insolação do edifício escolar. Fonte: CARPE (1983)

- Para ambientes de permanência transitória a área de iluminação deve ser igual ou maior que 1/10 da área do piso.
- Para ambientes de permanência prolongada a área de iluminação deve ser igual ou maior que 1/4 da área de piso.
- Deve-se prever a possibilidade de uma faixa contínua de janelas a fim de se evitar sombreamentos indesejados nas salas de aula.
- Se necessário, utilizar elementos de proteção verticais ou horizontais (Figura 2.17).

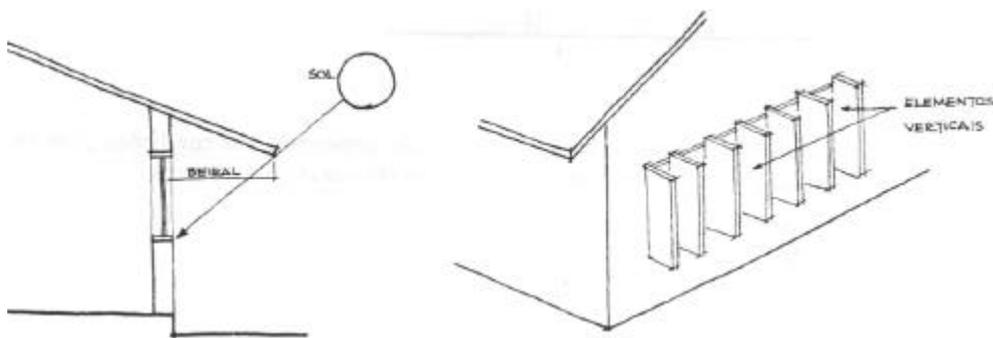


Figura 2.17 – Croqui do Manual da CARPE - elementos de proteção à insolação. Fonte : CARPE (1983)

- Nos ambientes de permanência prolongada, em geral, e no Conjunto Pedagógico em particular, devem ser evitadas aberturas de ventilação unilaterais, sendo recomendável a ventilação cruzada (figura 2.18).
- O dimensionamento das áreas de ventilação depende das condições climáticas locais, devendo ser, no mínimo, 60% das áreas de aberturas para iluminação.

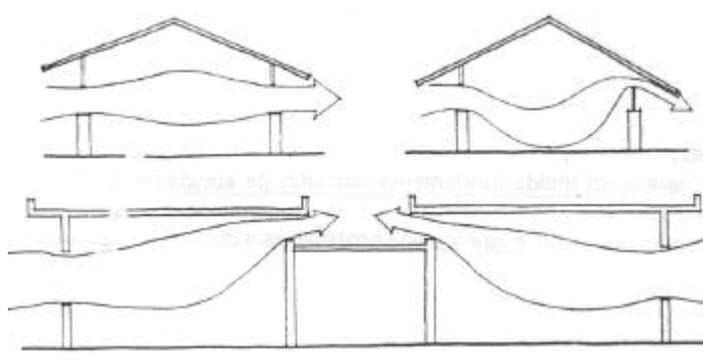


Figura 2.18 – Croqui do Manual CARPE - ventilação cruzada no edifício escolar. Fonte: CARPE(1983)

2.2.2 – Diretrizes Núcleo de Extensão e Ensino Comunitário - NEEC

O Núcleo de Extensão e Ensino Comunitário (NEEC), foi um projeto padrão de escola de ensino fundamental desenvolvido pelo arquiteto Gustavo Pena para o governo de Minas Gerais em parceria com a Secretaria de Estado da Educação, cujo projeto arquitetônico será mais detalhado no capítulo seguinte. Para desenvolvimento da concepção arquitetônica e dimensionamento dos ambientes, foi desenvolvida uma série de diretrizes específicas para este projeto com bases nas diretrizes propostas no manual da CARPE apresentado anteriormente.

Um dos pontos principais deste trabalho, nos quais se baseou a pesquisa foi o estudo detalhado dos ambientes que compõem o espaço escolar. De acordo com função predominante de cada espaço, foi definido o dimensionamento e forma ideal, criando-se *layouts* e simulações das atividades a serem desenvolvidas, como pode ser visto nos seguintes exemplos:

Salas de aula: abrigam atividades como aula expositiva, seminários e trabalhos de grupo com a necessidade de livre circulação e utilização do quadro de giz pelo professor e alunos. Possibilidade de utilização criativa e flexível do mobiliário e dos recursos didáticos como ilustrado na figura 2.19. Deve ter ligação direta com varandas, sanitários e bebedouros. Turmas de até 35 alunos área mínima de 42 m² (PENA, 1988).

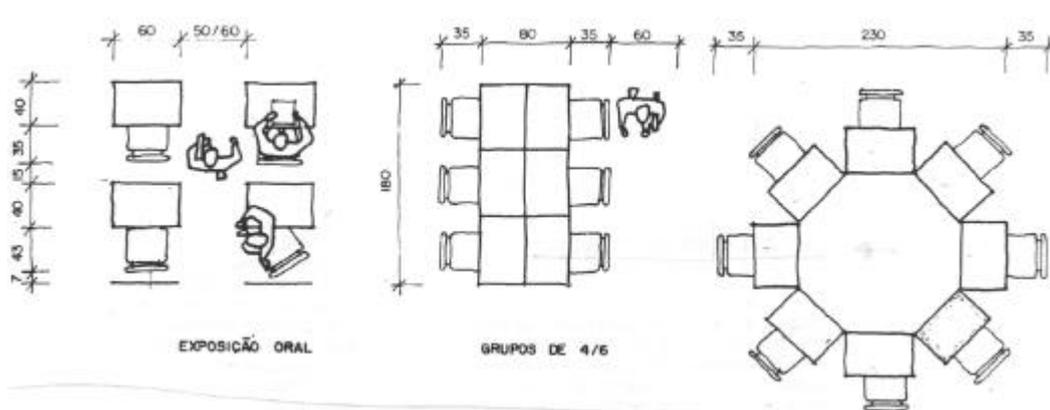
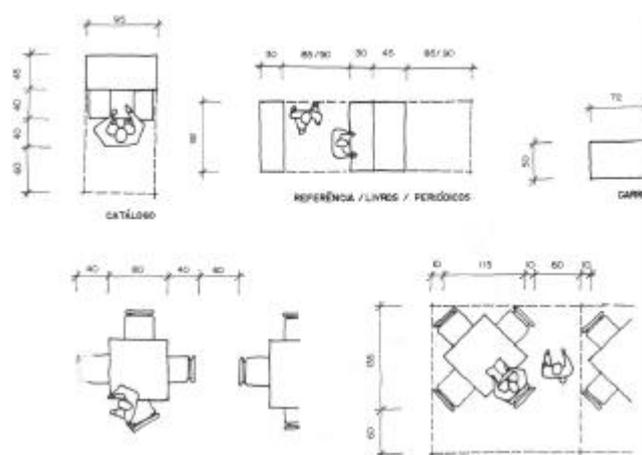


Figura 2.19 – Croquis de *layout* para salas de aula do NEEC. Fonte: PENA (1988)

Biblioteca: atividades como pesquisa, estudo dirigido e leitura recreativa para alunos e a comunidade. Acervo de aproximadamente 2000 títulos com 3000 livros, incluindo periódicos, áudio-visuais, transparências, globos, mapas, fitas cassete, etc. Mesas de quatro pessoas para adultos e crianças (figura 2.20). Ambiente com ventilação e iluminação naturais e visibilidade para o exterior, com vegetação. Ligação direta com varandas, salas de aula, recursos gerais, sanitários e bebedouros. Área mínima de 90 m² (PENA, 1988).



Figuras 2.20 – Estudos ergonômicos para a biblioteca do NEEC. Fonte: PENA (1988)

Laboratório: experimentações científicas e outras atividades relacionadas às disciplinas da área de ciências físicas e biológicas. Mesas fixas para quatro alunos com pia, ponto de gás, etc, como nas figuras 2.21 e 2.22. Deve possuir ligação direta com varandas, sanitários e bebedouros. Turmas de até 20 alunos, área mínima de 40 m² (PENA, 1988).

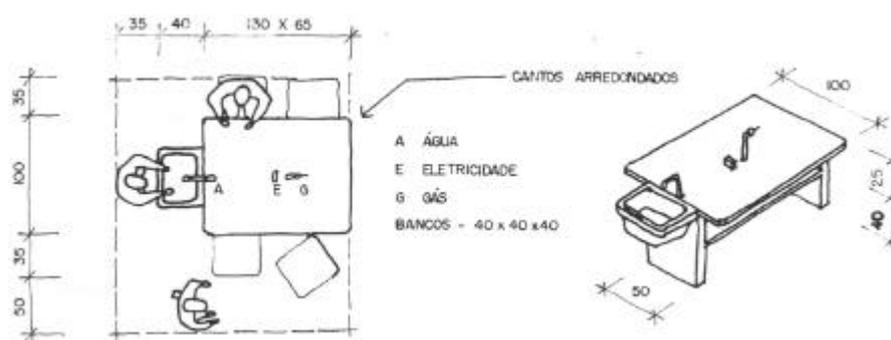


Figura 2.21 – Detalhamento das mesas para o laboratório do NEEC. Fonte: PENA (1988)

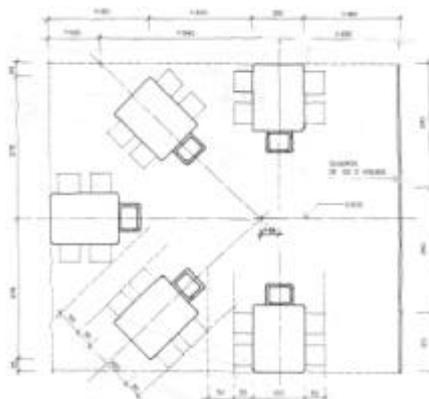


Figura 2.22 – Layout para o laboratório do NEEC. Fonte: PENA (1988)

2.2.3 – Diretrizes do Fundo de Fortalecimento da escola - FUNDESCOLA

“É atribuição de quem projeta o prédio escolar criar um espaço técnico, funcional e comprometido com a eficácia pedagógica, buscando ajustar o edifício escolar às necessidades educativas de uma dada região e ao espaço no qual se insere.”

(FUNDESCOLA, 2002)

A bibliografia de regulamentação e diretrizes para projeto e construção de espaços escolares mais completa e atualizada no cenário nacional, é o material desenvolvido pelo Fundo de Fortalecimento da Escola (FUNDESCOLA), com objetivo de orientar as intervenções e projetos do programa Espaço Educativo – Arquitetando uma Escola para o Futuro. Este programa foi idealizado pelo Ministério da Educação (MEC) e abrange o desenvolvimento de projetos e construção de escolas em 19 estados das regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste e será melhor detalhado no capítulo seguinte deste trabalho. Para o desenvolvimento destes projetos, o FUNDESCOLA criou, a partir do final da década de 1990, uma série de cadernos técnicos destinados a regulamentar tal produção, com diretrizes que vão desde a escolha de terreno e mobiliário até projetos arquitetônico, complementares e de comunicação visual. A coleção é composta pelos volumes:

- Manual para Adequação de Projetos Escolares
- Portadores de Deficiências Físicas – Acessibilidade e Utilização de Equipamentos Escolares. Série Cadernos Técnicos I.
- Recomendações Técnicas: Edificações - Elaboração de Projetos de Arquitetura
- Recomendações Técnicas: Equipamentos - Mobiliário
- Espaços Educativos Ensino Fundamental Subsídios para Elaboração de Projetos e Adequação de Edificações Escolares. Cadernos Técnicos 4. Volume 1.
- Espaços Educativos Ensino Fundamental Subsídios para Elaboração de Projetos e Adequação de Edificações Escolares. Cadernos Técnicos 4 Volume 2.
- Mobiliário Escolar. Série Cadernos Técnicos I, nº 3.
- Salas de aula, Equipamentos e Material Escolar.
- Tamanho da Escola, Ambientes Escolares e Qualidade de Ensino.

Em relação ao projeto arquitetônico e sistema construtivo, as diretrizes recomendam projetos que ofereçam facilidade e rapidez de execução e resultem em edifícios com mínimas exigências de conservação, materiais bons e adequados, sem prejuízo da qualidade e economia. Além disso, ressaltam a necessidade da consideração de questões relativas a isolamentos termo-acústicos, nível de ruídos externos, clima, insolação, ventilação, iluminação, natureza do subsolo, topografia, dimensões dos espaços internos, área disponível entre outros aspectos que se insiram na realidade local. Em relação ao entorno, o desejável é que se evitem soluções monumentais, sempre com o cuidado de integrar o ambiente escolar com a paisagem local (FUNDESCOLA, 2002).

Para elaboração deste material foram consideradas as recomendações básicas da UIA – União Internacional de Arquitetos para projetos e construções de escolas abaixo relacionadas (FUNDESCOLA, 2002):

- A sua construção deve ser realizada utilizando-se a escala do aluno (a criança).
- O arranjo dos locais deve ser flexível e diferenciado.
- Devem-se evitar salas sistematicamente uniformes, dispostas em alinhamento rígido

- Conforto de espaços em correlação com a forma do habitat do aluno (criança) e seu grau de evolução.
- A insuficiência de espaço é tão condenável quanto o excesso.
- A iluminação deve ser homogênea.
- Ventilação constante, evitando o confinamento e as correntes de ar.
- A iluminação e a ventilação devem ser multilaterais, de preferência em faces opostas.
- A ação do sol deve ser controlada.

Um dos cadernos do FUNDESCOLA estabelece um fluxograma geral a ser seguido nas fases de planejamento, projeto e construção das escolas até que os edifícios sejam entregues à comunidade local. Este fluxograma é apresentado abaixo, ressaltando-se as etapas a serem desenvolvidas no decorrer do presente trabalho (figura 2.23).

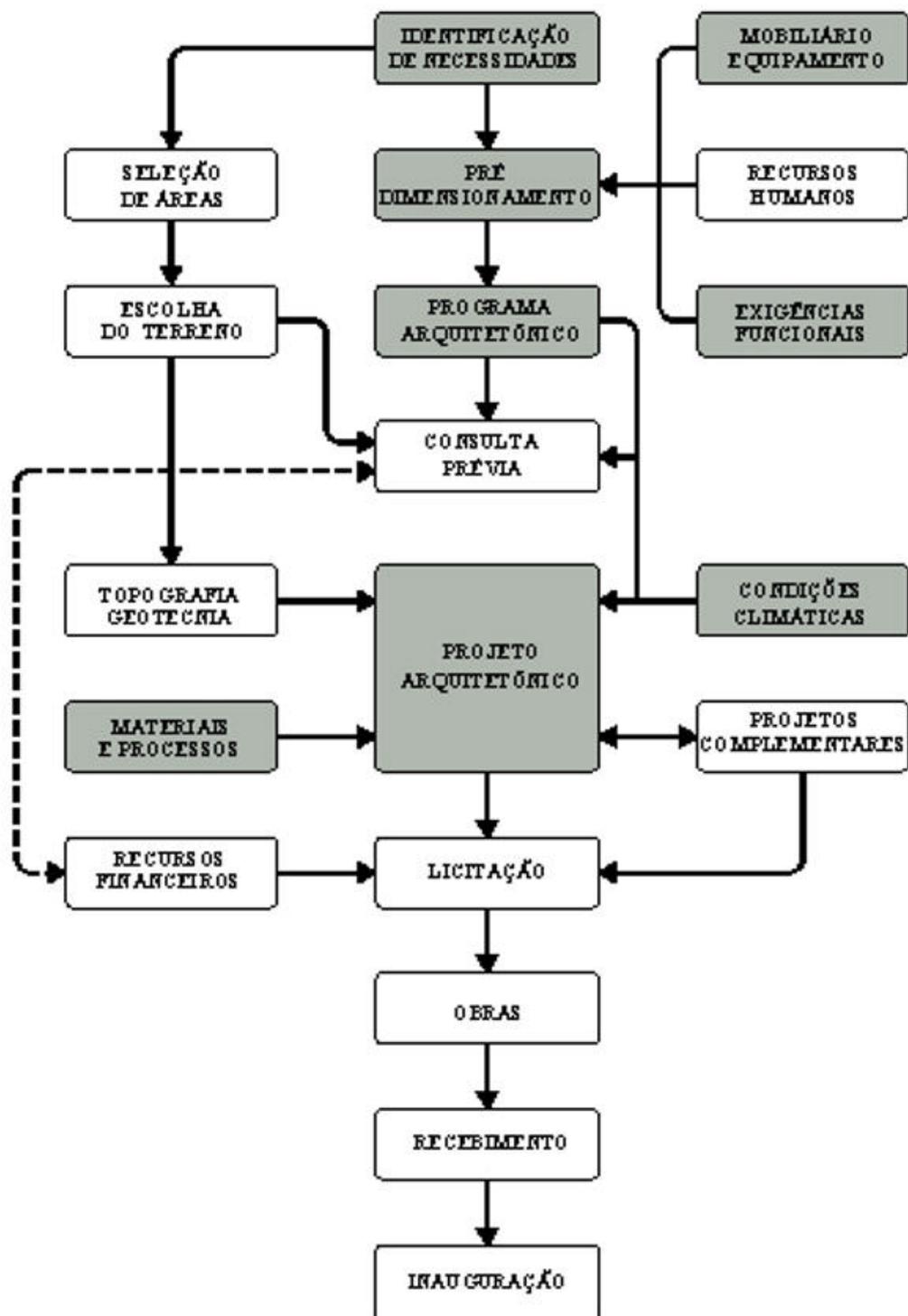


Figura 2.23 – Fluxo geral de atividades para implantação de um edifício escolar.
 Fonte: FUNDESCOLA, (2002)

Além das diretrizes apresentadas anteriormente, que foram de fundamental importância para a concepção arquitetônica, dimensionamento dos espaços e estudos de implantação do edifício, no que se refere à parte técnica de projeto e sistema construtivo foram consultadas diversas normas brasileiras específicas, Quadro 2.1.

Quadro 2.1. Normas brasileiras referentes ao sistema construtivo

Norma	Definição
NBR 5706: 1977	Coordenação modular da construção
NBR 5708: 1982	Vãos modulares e seus fechamentos
NBR 5709: 1986	Multimódulos
NBR 6492: 1994	Representação de projetos de arquitetura
NBR 13532: 1995	Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura
NBR 9050: 1997	Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos
NBR 8800: 1986	Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios – Método dos Estados Limites
NBR 14762: 2001	Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento

Como foi citado anteriormente, não existe uma diretriz atual e que tenha abrangência em nível nacional a ser consultada no Brasil, configurando-se em uma deficiência de informações relativas ao universo escolar, compatível com os padrões de ensino atuais. Os maiores problemas apresentados nas diretrizes citadas neste capítulo é justamente a falta de atualização em relação a determinados pontos, tais como no programa arquitetônico, e nos espaços internos e dimensionamentos.

O manual da CARPE (1983) deixa isso mais evidente, justamente pelo fato de ser uma diretriz que foi elaborada há muito tempo e não sofreu atualizações, até mesmo pela desativação do órgão responsável pelo mesmo. Em relação às considerações gerais, as indicações da CARPE (1983) ainda são válidas, no que diz respeito à implantação,

orientação e ventilação do edifício, sendo inclusive muito semelhantes a outras mais atuais. Entretanto, no que se refere ao programa arquitetônico, espaços internos e dimensionamentos, estas diretrizes estão bastante desatualizadas devido à grande evolução e modificação que vem ocorrendo no sistema de ensino.

O manual do NEEC (PENA, 1988), como foi citado anteriormente, faz uma descrição detalhada de cada ambiente e as atividades nele desenvolvidas o que gera um bom embasamento para o dimensionamento dos mesmos. Entretanto foi um material desenvolvido para uma escola específica, com uma configuração pré-determinada. Este material nem mesmo foi publicado como diretriz para outros trabalhos, e sim como divulgação do trabalho que foi desenvolvido junto à concepção arquitetônica do NEEC e que serve de fonte de consulta para futuras experiências. Portanto, são feitas considerações que podem ser extrapoladas para outras situações, mas que não foram desenvolvidas como diretrizes gerais.

O material desenvolvido pelo FUNDESCOLA (2002) para orientar os projetos e obras do programa Espaço Educativo – Arquitetando uma Escola para o Futuro é sem dúvida o mais completo material disponível para consultas atualmente. Embora não tenha sido desenvolvido para ter abrangência nacional, é um material muito completo e com informações genéricas que servem de base para o desenvolvimento de projetos independente do local de implantação. São desenvolvidas inclusive, diretrizes específicas para projetos em áreas urbanas e rurais.

Contudo, nas diretrizes específicas para dimensionamento de projetos em áreas rurais não é mencionado nenhum ambiente para atividades especiais, nem mesmo biblioteca ou canto de leitura. Sabe-se que a implantação neste tipo de escola é geralmente precária. Portanto faz-se necessário introduzir a necessidade destes ambientes no intuito de implementar o programa destas escolas e tornando-os mais próximos do nível de desenvolvimento atual, onde fazem parte do repertório das escolas não só o laboratório de ciências como o de informática, de línguas estrangeiras e a sala de vídeo. Pode-se observar, por exemplo, que

nos projetos desenvolvidos para áreas rurais do Mato Grosso dentro deste mesmo programa (capítulo 3), pelo menos o laboratório de ciências foi incorporado ao programa. Uma forma viável de amenizar esta questão seria a criação de um espaço multiuso no programa para que algumas destas atividades extras fossem desenvolvidas.

Outra questão que não foi abordada pelos manuais do FUNDESCOLA (2002), deixando-os desatualizados, é a questão da educação infantil que atualmente faz parte da grade obrigatória das escolas públicas e necessita de espaços e setores especiais para seu funcionamento.

CAPÍTULO 3 – ESCOLAS PADRÃO

A partir da década de 1960, surgiram algumas experiências no desenvolvimento de projetos padrão de escolas de grande expressão no país. Em todos os casos, a opção por padronizar projetos que seriam utilizados em diversas cidades e ou estados, mostrou-se como uma alternativa para racionalizar os processos de projeto e construção de escolas. O objetivo principal sempre foi suprir com maior rapidez e eficiência demandas por este tipo de equipamento, que desde então se mostravam como um ponto frágil do quadro sócio-cultural do Brasil. Por razões diversas, nem todos os projetos foram executados, e dentre os que foram construídos, nem todos foram bem sucedidos.

Apresenta-se neste capítulo um panorama geral desta produção, com exemplos de projetos, executados ou não, de diversos portes e padrões construtivos em várias regiões do país.

3.1 - Projeto Padrão - MG

As Escolas estaduais do Estado de Minas Gerais são executadas a partir de um projeto padrão que foi desenvolvido em 1960 e vem sendo utilizado até hoje, mostrando-se porém ultrapassado em vários aspectos. O programa arquitetônico é dividido em dois blocos de dois pavimentos cada, com estrutura de concreto, fechamento externo em tijolo maciço aparente e circulações avarandadas voltadas para a área externa da escola (figura 3.1).



Figura 3.1 – Fachada Externa de Escola Padrão do Estado de Minas Gerais.

Segundo Costa (2004), Arquiteto do Departamento de Obras Públicas do Estado de Minas Gerais (DEOP-MG), e a pedagoga Salles (2004), Diretora de Desenvolvimento de Ensino Infantil e Médio da Secretaria de Estado da Educação; este projeto necessitaria de uma série de modificações para atender ao quadro atual. Em termos da infraestrutura várias inovações como laboratórios de informática, pontos de tv nas salas de aula, entre outros não foram previstos neste projeto. Para Costa (2004), um dos maiores problemas é a difícil implantação do projeto nos terrenos, já que os blocos têm grandes dimensões e os terrenos em sua maioria têm topografia muito acidentada.

As circulações em varandas abertas são hoje um ponto frágil dos edifícios que geralmente são implantados em regiões periféricas com grandes índices de violência. Com isso, estas varandas estão sendo fechadas com grades, o que vem tornando os espaços extremamente desagradáveis, “verdadeiras prisões”.

Para Salles (2004), um dos problemas mais recentemente identificados foi a inadequação dos espaços para receber as crianças de seis anos, que a partir do ano de 2001 foram incluídas na faixa etária escolar do estado de Minas Gerais. Para ela os espaços da escola deveriam ser setorizados por faixa etária já que muitas vezes elas abrigam desde o ensino fundamental até o ensino médio, sobretudo em regiões de maiores índices de violência.

A pesar deste projeto ainda estar sendo implantado em alguns locais, existe um novo projeto desenvolvido pelo DEOP-MG com uma concepção diferenciada que está em fase de implantação em algumas cidades do interior do estado. Neste novo projeto grande parte das deficiências do anterior são supridas, já que é uma proposta com o programa dividido em blocos, com dimensões menores que podem ser agrupados em diversas configurações. Nesta propostas foram contemplados dimensionamentos diferenciados para os espaços de acordo com o número de salas de aula e a possibilidade de expansão já que o projeto é modulado. Foi mantida a opção de construção convencional com alvenaria auto-portante sendo toda a construção em um só pavimento, o que também representa uma vantagem em

relação à proposta anterior, já que as recomendações para projetos escolares orientam a priorização de soluções térreas.

3.2 – Centro Integrado de Educação Pública - CIEP

No Estado do Rio de Janeiro, na década de 1980 foi criado por Leonel Brisola o Centro Integrado de Educação Pública - CIEP, projeto de Oscar Niemeyer composto de painéis pré-moldados de grandes dimensões, cuja concepção arquitetônica foi desenvolvida através de uma metodologia que buscava implantar um novo conceito de educação criado por Darcy Ribeiro.

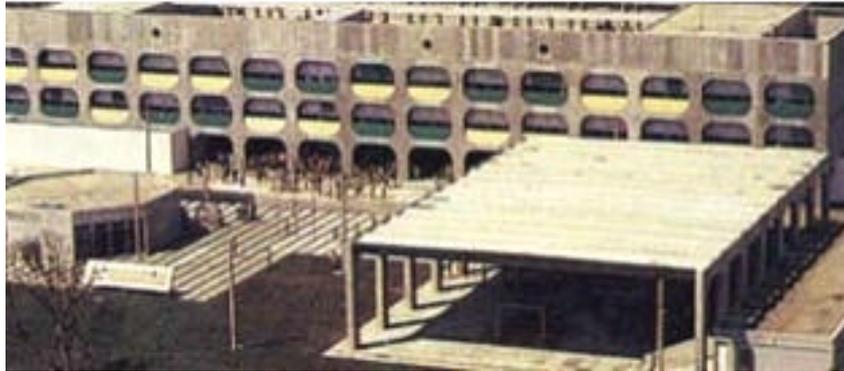
A escola é composta por três blocos; o principal abriga salas de aula e refeitório em três pavimentos interligados por uma grande rampa e é composto por apenas 14 painéis pré-moldados (figura 3.2 (b)). Nos outros blocos funcionam a biblioteca, com um pequeno alojamento e o “salão polivalente” que abriga o ginásio coberto com arquibancadas. O conjunto dos prédios configura uma grande área construída, que se adapta melhor a terrenos planos de grandes extensões como pode ser visto na figura 3.2 (a) e (c).



(a)



(b)



(c)

Figuras 3.2 – (a) e (c) Blocos que conformam a implantação do CIEP. (b) Vista interna da rampa que liga os 3 pavimentos do bloco principal. Fonte: MEMÓRIA (1998)

Os prédios que podiam ser montados em apenas quatro meses, eram executados em uma fábrica de pré-moldados comandada pelo arquiteto João da Gama Filgueiras Lima (Lelé). A rapidez de execução se devia não só ao sistema construtivo, com peças que já chegavam prontas ao canteiro, como também à grande dimensão das mesmas como pode ser visto na figura 3.3. Na fábrica, eram produzidas peças equivalentes a 1,5 escola por semana, a um custo 30% menor que o de uma construção convencional, configurando-se a racionalização e o baixo custo como as grandes vantagens desta proposta.



(a)



(b)

Figura 3.3– (a) Painel sendo transportado para a obra. (b)Montagem dos painéis pré -moldados no canteiro de obras. Fonte: MEMÓRIA (1998)

Apesar da eficácia do sistema construtivo e dos baixos índices de custo da obra, o programa educacional inovador para o qual o projeto foi concebido não foi implantado como deveria. Com isso os edifícios acabaram por abrigar uma educação convencional não compatível com o programa arquitetônico e dimensionamento dos mesmos e em pouco tempo fracassaram. Das quase trezentas unidades construídas, muitas foram alugadas para diversos fins, desativadas, abandonadas ou invadidas por desabrigados. A vinculação direta do projeto arquitetônico a um programa pedagógico específico mostra-se como um fator de forte restrição à flexibilização do projeto, o que se apresentou como uma das maiores desvantagens desta proposta.

Além disso, as grandes dimensões do mesmo reduzem muito as opções de terrenos compatíveis com sua implantação, seja devido às dimensões ou à topografia, configurando-se como uma opção viável somente para grandes municípios.

3.3 – Centros Integrados de Apoio à Criança e ao Adolescente – CIAC

Em 1991, durante o governo do Presidente Fernando Collor de Melo foram implantados os Centros Integrados de Apoio à Criança e ao Adolescente (CIACs), gerados pelo Projeto Minha Gente. O Ministério da Educação e Desporto doou 440 unidades a estados e municípios de todo o país, que se responsabilizaram pela manutenção e conservação dos mesmos. O projeto Arquitetônico foi desenvolvido por João da Gama Filgueiras Lima (Lelé) também em pré-moldados.

O conjunto é composto por cinco prédios feitos com argamassa armada, com opções entre 12 e 20 salas de aula, ligados por passarelas cobertas, quadra poliesportiva e campo de futebol, como pode ser visto na figura 3.4. A área total de construção é de aproximadamente 4.600 m² sobre um terreno de 15 mil metros quadrados. Um CIAC completo atende 1.300 alunos de municípios com população superior a 15 mil habitantes.

Apesar de ter uma maior flexibilidade em relação ao número de salas de aulas, se comparado com o CIEP, mais uma vez as grandes dimensões do projeto, concebido em grandes blocos apresentam como limitadores das opções de implantação. Mesmo sendo propostas desenvolvidas especificamente para atender a grandes centros, estas concepções são inviáveis para implantação em terrenos com topografias acidentadas, que são na maioria das vezes os destinados aos equipamentos urbanos.



Figura 3.4 – (a) Vistas integral do CIAC. (b) Vista do Ginásio poliesportivo. Fonte: CAIC (2004)

Em relação aos dois últimos exemplos apresentados, CIEP e CIAC, pode-se dizer que foram as experiências de maior porte realizadas no país até hoje, tanto no que se refere à escala das edificações, quanto a abrangência dos programas de implantação, um em âmbito estadual e outro federal. O ponto de partida de ambos foram belos projetos arquitetônicos, desenvolvidos por arquitetos renomados, que tornaram-se quase que logomarcas dos programas, desenvolvidos a partir de propostas pedagógicas específicas e inovadoras. Entretanto, os administradores públicos, na sua maioria, não são muito sensibilizados por investimentos de retorno pouco visível ou de médio e longo prazo. Para que os programas se tornassem realidade seria necessário todo um elenco de ações visando à operação efetiva daqueles centros de ensino: preparação de recursos humanos, constituição de parcerias objetivando o envolvimento da comunidade, participação das secretarias de Educação, Saúde, Desenvolvimento Social, investimento em material didático, equipamento, mobiliário, material de consumo. Com a brusca interrupção política dos programas, torna-

se difícil avaliar o desempenho das escolas padrão e a viabilidade de adaptação das mesmas às diferentes situações do país.

3.4 – Núcleo de Extensão e Ensino Comunitário - NEEC

No estado de Minas Gerais, em 1988 o arquiteto Gustavo Pena desenvolveu um projeto para escolas de ensino fundamental e médio em parceria com a Secretaria Estadual de Educação, o Núcleo de Extensão e Ensino Comunitário – NEEC, cuja fachada pode ser vista na figura 3.5.

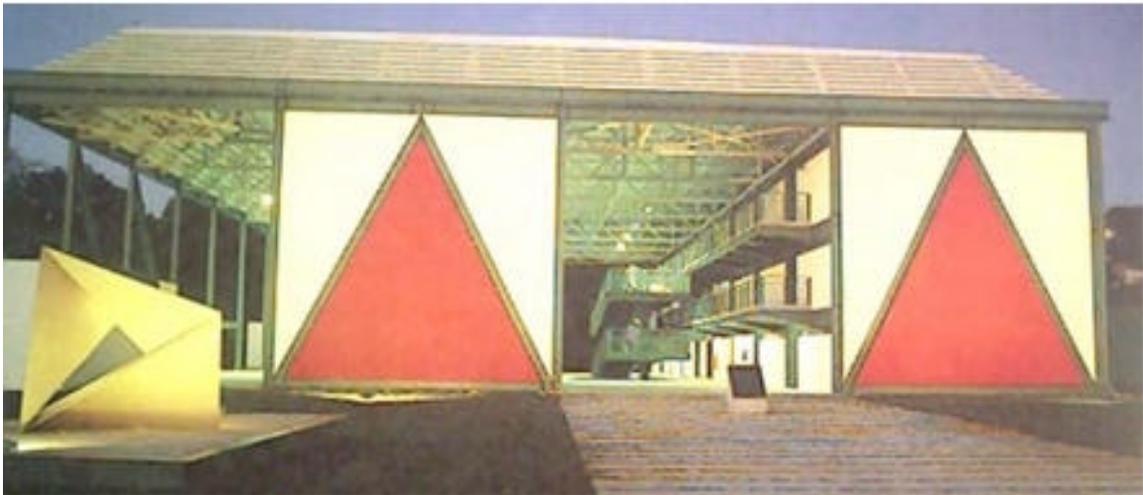


Figura 3.5 – Fachada frontal do NEEC. Fonte: CBA, (1991)

Juntamente com o projeto arquitetônico foi desenvolvida uma intensa pesquisa para a implantação de inovações pedagógicas, ergonomia e articulação dos espaços num trabalho conjunto entre o arquiteto a Secretaria de Estado da Educação e as Delegacias Regionais de Ensino, que foi anteriormente mencionado neste trabalho.

O partido arquitetônico gerou um projeto com volume único, de grandes dimensões com pátio central coberto para abrigar atividades esportivas e de recreação (figura 3.6). Entretanto, este é um dos principais problemas funcionais do edifício, já que a utilização simultânea deste espaço e das salas de aula gera problemas devido ao ruído intenso que

prejudica as atividades de ensino, devido a uma falha no isolamento acústico entre os ambientes e ao grande ruído provocado pela cobertura utilizada em dias de chuva.



Figura 3.6 – Vista do pátio coberto do NEEC. Fonte: CBA, (1991)

O edifício foi construído em estrutura metálica, cujas peças robustas e aparentes compõem a linguagem arquitetônica do mesmo. Todo o bloco é coberto por uma grande cobertura, abrangendo o pátio e a parte construída que é estruturada em treliças coberta com telhas metálicas, nas salas de aula foram utilizados brises verticais, também metálicos, para contribuir com o desempenho térmico como é apresentado na figura 3.7.



(a)



(b)

Figura 3.7 – (a) Vista lateral com treliças da cobertura. (b) Fachada lateral com Brises. Fonte: CBA, (1991)

Outro grande problema do NEEC foi a estrutura utilizada, que tornou o custo do projeto muito elevado, devido à robustez das peças adotadas. Além disso, os edifícios construídos precisam de manutenção constante devido à ocorrência de uma série de patologias. Com isso, poucas unidades foram construídas e o programa acabou não tendo seqüência já que não foram executadas novas unidades.

Mais uma vez o porte da edificação configura-se como um limitador de implantações variadas, além do que, nesta opção o fato de se optar por edificação em um único bloco limita também a possibilidade de surgirem áreas de convívio e circulação mais próximas à natureza que propiciam ambientações mais ricas e estimulantes.

Após a municipalização do ensino, em meados da década de 1990, tanto o gerenciamento dos ensinos infantil, fundamental e médio quanto o desenvolvimento de projetos e construção de edifícios escolares, passam a ser atribuídos aos governos municipais. Sendo que a gerência do ensino infantil é uma demanda que até então não fazia parte do escopo das escolas públicas. A partir daí as unidades escolares deveriam ser capazes de receber crianças de zero a seis anos (sendo que no estado de Minas Gerais o ensino fundamental já engloba a idade de seis anos). Assim, as unidades escolares necessitariam de setorizações e espaços especiais com berçários e áreas de lazer adaptadas, para atender a este público específico. Entretanto, ressalta-se aqui, que poucos municípios assumiram de imediato o ensino infantil, e principalmente a construção e ou reforma de edifícios adaptados para o mesmo. Somente nos últimos anos, com o prazo dado às prefeituras quase se esgotando as providências começaram a ser tomadas.

Diante desse quadro, a produção dos edifícios escolares continuou a tomar partido da concepção de projetos padrão para otimizar a produção e diminuir custos. Porém, os projetos passam a ter a escala reduzida já que são concebidos para atender a municípios ou pequenos grupos de cidades. Há também casos de intercâmbio de projetos até mesmo entre cidades de diferentes estados, entretanto observa-se a concentração desta produção em capitais e grandes centros.

A seguir serão apresentados alguns expoentes da produção recente de edifícios escolares padrão em todo o país.

3.5 – Unidades Municipais de Ensino Infantil - UMEI

Em 1995, a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte iniciou o desenvolvimento de um projeto específico para abrigar o ensino infantil na região metropolitana, as Unidades Municipais de Ensino Infantil (UMEIs). O projeto foi desenvolvido dentro da prefeitura municipal pelos arquitetos Marcelo Amorim e Silvana Lamas da Matta e concebido com bases na coordenação modular, utilizando as salas de aula como célula padrão.

Segundo a arquiteta (Matta, 2005), o grande desafio foi criar um projeto economicamente viável e com grande flexibilidade, já que a configuração dos terrenos é muito variada não só em termos de área como na topografia. Assim, foi desenvolvido um projeto com blocos diferentes para cada tipo de atividade: ensino, administração e recreação que podem ser agrupados, espelhados e desmembrados, sendo interligados por passarelas cobertas como exposto na figura 3.8.



Figura 3.8 – (a) e (b) Circulações avarandadas entre blocos. Fonte: CARBIOLI (2004)

Podem ser criadas três tipologias básicas: uma tendendo ao quadrado como mostrado na figura 3.9, uma mais alongada mostrada na figura 3.10, e a terceira com blocos interligados por varandas.

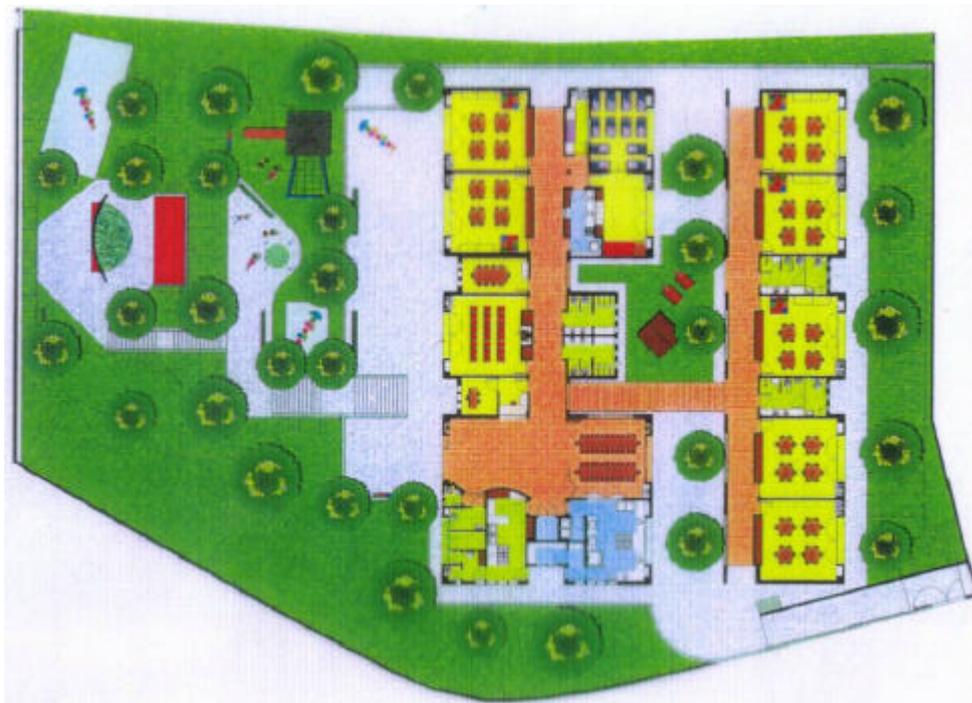


Figura 3.9 – Planta UMEI Levindo Coelho, concepção compacta (quadrada). Fonte: CARBIOLI (2004)

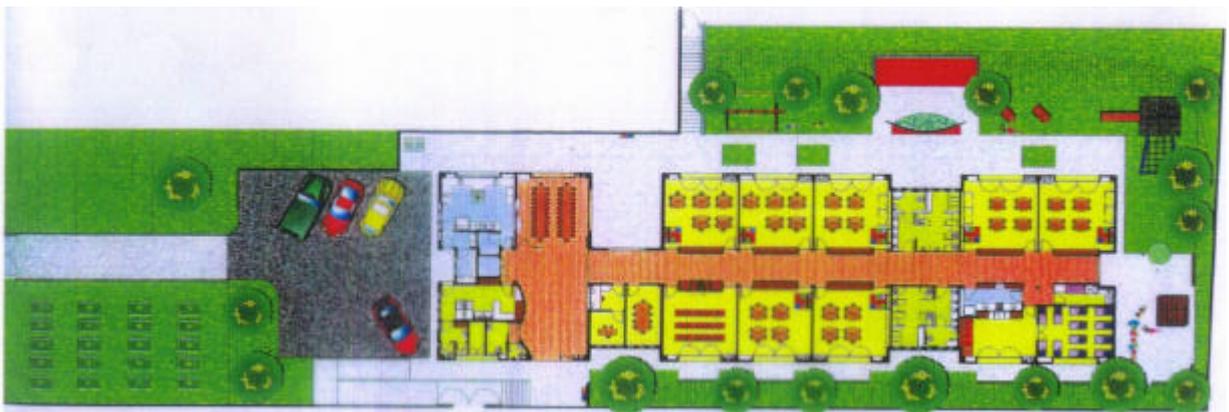


Figura 3.10– Planta UMEI Antônio Mourão Guimarães, opção com planta mais alongada. Fonte: CARBIOLI (2004)

O edifício é executado em estrutura de concreto e paredes de alvenaria de tijolo cerâmico com o engradamento do telhado estruturado em aço. Em alguns casos os blocos são implantados em terrenos de escolas já existentes aproveitando a mesma administração. Um dos maiores problemas encontrados na implantação dos mesmos é a necessidade da criação de grandes platôs em terrenos acidentados, que gera grandes movimentações de terra aumentando o custo das obras como foi o caso da UMEI do Bairro Juliana mostrada na figura 3.11.



Figuras 3.11– (a) e (b) Vistas da UMEI Juliana, onde foram criados grandes platôs para implantação no terreno. Fonte: CARBIOLI (2004)

Entretanto, esta proposta apresenta-se como uma opção com muitas vantagens agregas já que apresenta grande flexibilidade de implantação e alcançou bons níveis de desempenho termo-acústico utilizando sistema construtivo simplificado de domínio popular e materiais de baixo custo. A modulação e flexibilidade do projeto vem possibilitando inclusive a implantação dos blocos de sala de aula em escolas já existentes cujo programa não contemplava ensino infantil, onde tanto a estrutura física quanto o quadro de funcionários do setor administrativo, de coordenação e de serviços existentes são aproveitados.

3.6 - Escola Padrão – São Gonçalo / RJ

O arquiteto Sigbert Zanettini desenvolveu em 1998 a pedido da Prefeitura Municipal de São Gonçalo (RJ), um projeto padrão para atender a diversos programas de ensino público. Foram construídas escolas com 10, 15 e 20 salas de aula, tanto na cidade de São Gonçalo quanto em Duque de Caixias.

O mesmo projeto foi adaptado a outras utilizações como postos de atendimento médico e as chamadas Casas do Futuro, que constituem anexos de algumas escolas, abrigando biblioteca, sala de informática entre outras salas de apoio.

Utilizando estrutura metálica em aço patinável e componentes construtivos pré-moldados em argamassa armada da Construtora Sanebrás (RJ), o projeto é composto por apenas uma tipologia de pilar, facilitando os encaixes e interfaces e possui todas as vigas com mesma altura, sendo as principais maciças e as secundárias treliçadas. Nas figuras 3.12 e 3.13 mostra-se uma das unidades em construção onde observa-se o sistema estrutural e de fechamento e a fachada após conclusão da obra.



**Figura 3.12– Elementos estruturais e fechamentos.
Fonte: Centro Brasileiro Da Construção Em Aço, (2003)**



Figura 3.13– Fachada da Escola Padrão de São Gonçalo (RJ).
Fonte: Centro Brasileiro Da Construção Em Aço, (2003)

Elementos como rampas, caixa d'água, brises, escadas caixilhos e portas também foram padronizados em um cuidadoso detalhamento. A modulação foi concebida considerando a compatibilização da estrutura e dos painéis de argamassa que foram utilizados nas lajes, fechamentos internos e externos. Os componentes de cada edifício especificados em projeto saem prontos da fábrica para serem montados em obra. Cada escola fica pronta em aproximadamente 3 meses; isso possibilita maior racionalização e rapidez de execução diminuindo custos.

3.7 - Escola Municipal de Volta Redonda / RJ

O projeto da Escola Municipal de Volta Redonda (RJ) foi desenvolvido pelos arquitetos Antônio Sanches de Freitas, Claudia Aparecida S. Machado e Maria Ângela Marcato em 1999 para abrigar alunos do ensino fundamental.

O edifício tem área aproximada de 1000m² e planta em “U”, explorando o recurso do pátio central com circulações avarandadas como recurso de condicionamento ambiental e enriquecimento das áreas de convívio, como é ilustrado na figura 3.14. A obra foi construída em apenas 3 meses devido à flexibilidade e funcionalidade dos projetos arquitetônico e estrutural baseados na modulação e padronização de peças.

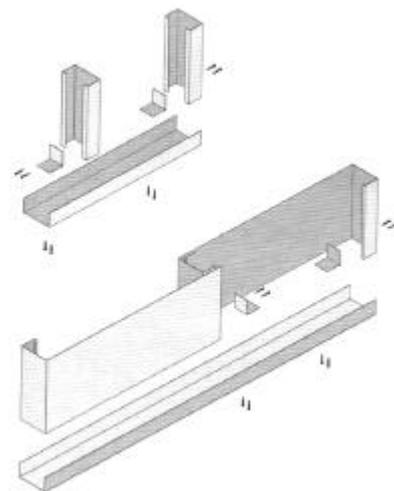


Figura 3.14– Vista do pátio central com circulações em varandas.
Fonte: International Iron And Steel Institute, (2002).

O sistema construtivo utilizado é composto por painéis portantes em perfis de aço galvanizado, combinando painéis estruturais de aço em chapa galvanizada nos fechamentos externos e gesso acartonado nas divisórias internas como é mostrado na figura 3.15. A estrutura do telhado foi também executada em aço galvanizado com cobertura em telhas cerâmicas.



(a)



(b)

Figura 3.15 – (a) Vista interna da estrutura em painéis portantes de aço galvanizado. (b) Sistema do fechamento externo, painéis de chapa galvanizada. Fonte: International Iron And Steel Institute, (2002).

Na figura 3.16 mostra-se o revestimento externo da fachada que foi feito em *Siding* Vinílico (ripas de vinil dispostas horizontalmente), a opção por este tipo de material pode apresentar-se como um gerador de constantes patologias se não houver um minucioso detalhamento das interfaces do mesmo com a estrutura. Tendo como principal componente o PVC este material não é o mais indicado para climas de grandes variações térmicas como no Brasil pois para sensíveis variações de temperatura apresenta grandes índices de dilatação o que acaba por criar uma difícil manutenção e constantes patologias.



**Figura 3.16– Fachada frontal da escola - revestimento em *Siding* Vinílico.
Fonte: Internacional Iron And Steel Institute, (2002).**

3.8 - Projeto Espaço Educativo – Arquetando Uma Escola Para O Futuro **FUNDESCOLA**

O Fundo de Fortalecimento da Escola (FUNDESCOLA), programa vinculado ao Ministério da Educação (MEC), desenvolveu durante o governo do Presidente Fernando Henrique Cardoso o Projeto Espaço Educativo – Arquetando uma Escola para o Futuro dentro da Coordenação de Projetos e Instalações Escolares, com a gerência do arquiteto José Maria de Araújo Souza. O objetivo do mesmo é desenvolver projetos padrão de edifícios escolares de ensino fundamental e médio para atender a 19 estados das regiões Norte,

Nordeste e Centro-Oeste que apresentam grande carência neste setor. Este programa é, atualmente a maior ação em conjunto no país com o objetivo de suprir o déficit de escolas.

O FUNDESCOLA coordenou a concepção dos projetos com recursos do Banco Mundial e do orçamento do MEC. A construção dos edifícios é feita pelos estados e ou municípios, sendo que a administração do ensino e manutenção dos prédios, na maioria das vezes fica a cargo das prefeituras municipais.

Em 1988, foi solicitado às Secretarias Estaduais de Educação que, a partir de diretrizes estabelecidas pelo programa, selecionassem equipes técnicas para desenvolver os estudos preliminares dos projetos arquitetônicos. A partir destes estudos foi definido o modelo ideal de escola para atender as necessidades de cada estado. Houve uma preocupação de adaptar os prédios à realidade climática, física e cultural de cada região, com a devida flexibilidade de implantação em terrenos diversos e características construtivas compatíveis com às técnicas e recursos locais. Essa aproximação das concepções arquitetônicas às realidades sócio-culturais e construtivas de cada região apresentam-se como forte ponto positivo para o sucesso do programa.

Em cada implantação, o estudo preliminar deve ser desenvolvido, podendo ser adaptado de acordo com a área geográfica onde a escola será construída. Portanto, não surgiram projetos para serem aleatoriamente aplicados a qualquer lugar. Em sua maioria, os prédios se configuraram como um elenco de pavilhões e componentes sensatamente padronizados, que serão articulados de diferentes maneiras, para ajustar cada escola às diferentes situações: formato de terrenos, declividades, acessos, orientação dos ventos, insolação, etc.

Para cada um dos estados, a proposta inclui o desenvolvimento de três modelos diferentes de projetos. O Espaço Educativo Urbano I, para áreas urbanas, tem de oito a 12 salas de aula. O Espaço Educativo Urbano II, para assentamentos rurais, periferia urbana e municípios de pequeno porte, tem quatro ou seis salas. Já o Espaço Educativo Rural, de

duas ou quatro salas, foi criado para atender a demanda por escolas em áreas indígenas e de remanescentes de quilombos (Tabela 3.1).

Tabela 3.1– Resumo das características dos Projetos Espaço Educativo – Arquetetando uma Escola para o Futuro do Fundescola

PROJETO	Nº DE SALAS	ÁREA DE IMPLANTAÇÃO
<i>Espaço Educativo Urbano I</i>	8 a 12	Áreas Urbanas
<i>Espaço Educativo Urbano II</i>	4 a 6	Áreas Rurais, Periferias e Municípios de Pequeno Porte
<i>Espaço Educativo Rural</i>	2 a 4	Áreas Indígenas e Remanescentes de Quilombos

Fonte: FNDE (2003)

O número de projetos desenvolvidos foi grande, sendo três modelos para cada um dos 19 estados, perfazendo o total de 57 modelos diferentes de projetos. A seguir serão apresentados alguns exemplos de projetos desenvolvidos e obras concluídas nos estados do Acre, Bahia, Rondônia, Mato Grosso e Tocantins; através dos quais será possível ilustrar a grande diversidade de soluções geradas por este programa, seja em relação às concepções arquitetônicas ou aos sistemas construtivos utilizados. Os dados apresentados referem-se ao ano de 2003, já que não foram encontrados dados mais recentes sobre novas construções e dos contatos feitos com algumas secretarias de educação, apenas o de Rondônia deu retorno.

No período de 1988 a 2003 o Fundescola investiu cerca de R\$ 68 milhões na construção de 180 escolas em áreas urbanas, remanescentes de quilombos, aldeias indígenas e assentamentos rurais em municípios das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, conforme se mostra na tabela 3.2 a seguir.

Tabela 3.2– Número de escolas construídas por estado no período de 1988 a 2003

REGIÃO	ESTADO	NÚMERO DE ESCOLAS				
		Aldeias Indígenas	Áreas Rurais	Áreas Urbanas	Remanescentes de Quilombos	Total
NORDESTE	Alagoas	06	03	-	-	09
	Bahia	03	-	-	02	05
	Maranhão	04	08	-	-	12
	Paraíba	02	02	-	-	04
	Pernambuco	-	02	02	-	04
	Piauí	-	02	-	-	02
	Sergipe	01	-	-	01	02
CENTRO OESTE	Goiás	-	07	09	02	18
	Mato Grosso	04	04	-	-	08
	Mato Grosso do Sul	03	04	01	-	08
NORTE	Acre	25	05	-	-	30
	Amapá	02	02	01	-	05
	Amazonas	* Subtotais não divulgados				17
	Para	02	26	04	-	32
	Rondônia	05	05	-	-	10
	Roraima	-	04	01	-	05
	Tocantins	04	04	01	-	09
Subtotal		61	78	19	05	180

Fonte: FNDE (2003)

3.8.1 - Escola Padrão Acre

O Estado do Acre foi o primeiro a implantar escolas do projeto Espaço Educativo – Arquitetando uma Escola para o Futuro, e um dos estados que até 2003 construiu maior número de unidades, 30 ao todo; perdendo apenas para o Estado do Para que até esta data já havia construído 32 unidades. Na figura 3.17 mostra-se a maquete do projeto Espaço Educativo Urbano I desenvolvido para este estado.



Figuras 3.17 - Maquete do Projeto Espaço Educativo Urbano I desenvolvido para o Acre. Fonte: MEC(2002)

A primeira cidade a ser beneficiada foi Xapuri que em 2001 recebeu a escola padrão com 12 salas de aula, área aproximada de 1800 metros quadrados e capacidade para 1300 alunos de sete a quatorze anos em três turnos, figura 3.18.



Figuras 3.18 - Fachada Externa da escola do município de Xapuri. Fonte: ACRE (2001)

As obras, com custo em torno de R\$ 670,00 por metro quadrado, foram executadas pelo governo do estado e após a conclusão, as escolas foram entregues à administração das prefeituras que ficaram responsáveis tanto pela manutenção dos edifícios quanto pela gerência do sistema de ensino.

No caso específico do Acre, a edificação possui estrutura mista, sendo uma parte em aço e uma outra em madeira (supra-estrutura em concreto e metálica e estrutura de telhado

metálica e em madeira). Na figura 3.19 mostra-se o refeitório coberto, com pilares em concreto e cobertura de telhas cerâmicas estruturada em treliças metálicas. Todas as portas e janelas serão de madeira, e as salas de aula possuem diversas aberturas para propiciar a ventilação cruzada, visto o clima quente e úmido da região



Figura 3.19 – Refeitório coberto com pilares em concreto e vigas de cobertura metálicas treliçadas. Fonte: ACRE (2001)

A concepção pedagógica adotada utiliza as salas de aula de forma inovadora; cada uma funciona como um laboratório de determinada disciplina onde se encontram todos os equipamentos e material didático necessários para o trabalho com os alunos, e são eles que circulam entre as salas durante as aulas, não os professores. Com isso, o projeto conta com um programa extenso, incluindo auditório, palco, sala de vídeo, laboratório de informática, biblioteca, campo de futebol e quadra poliesportiva, figura 3.20.



(a)



(b)

Figura 3.20 – (a) Laboratório de informática. (b) Quadra poliesportiva. Fonte: ACRE (2001)

3.8.2 - Escola Padrão Bahia

O projeto Espaço Educativo Urbano I desenvolvido para a Bahia divide-se em três blocos, sendo um com salas de aula e laboratórios, que possui dois pavimentos, um abrigando a parte administrativa e recreação e outro com a quadra poliesportiva, como mostra a maquete o projeto apresentada na figura 3.21. O anteprojeto foi concebido pelo arquiteto João Marinho e o desenvolvimento dos projetos de implantação foi feito pelo escritório Alpoim Arquitetura.



Figuras 3.21 – Maquete do projeto padrão proposto para o estado da Bahia.
Fonte: MEC(2002)

Os prédios são estruturados em aço, com cobertura em telhas metálicas autoportantes. Nas salas de aula foram utilizados brises metálicos verticais externos às janelas para melhoria das condições de conforto térmico embora seja admitida a possibilidade de utilizar condicionamento mecânico para as escolas deste estado devido às elevadas temperaturas da região (figura 3.22).



(a)



(b)

Figuras 3.22 – (a) e (b) Perspectivas das fachadas principal e lateral onde se observa os brises metálicos das salas de aula. Fonte: PROJETO DESIGN, (2000).

A cobertura da quadra poliesportiva também é feita em telhas metálicas autoportantes sobre estrutura metálica com pilares e fechamentos laterais com elementos vazados em concreto. A circulação entre os blocos é feita por varandas cobertas e entre os pavimentos por rampas, garantindo a acessibilidade necessária ao edifício (figura 3.23).



(a)



(b)

Figura 3.23 – (a) e (b) Maquetes eletrônicas das circulações internas do bloco de salas de aula. Fonte: PROJETO DESIGN, (2000).

Segundo os dados levantados, que foram atualizados em 2003, até esta data foram construídas cinco escolas no Estado da Bahia, sendo estas no modelo Espaço Educativo Rural, três em aldeias indígenas e duas em áreas remanescentes de quilombos, nos arredores de Porto Seguro.

3.8.3 - Escola Padrão Rondônia

Em Rondônia, uma das maiores preocupações do escritório Ottoni Arquitetos Associados, que desenvolveu o projeto Espaço Educativo Urbano I desde o estudo preliminar até a implantação foi a questão climática, já que a região tem clima equatorial, quente e úmido.

O sentido de implantação do edifício na orientação leste-oeste o protege da pior incidência solar, condição que é reforçada com a densa vegetação que envolve o prédio e os pátios internos criando um microclima mais ameno. A maquete da escola evidencia bem a preocupação com a vegetação no entorno, como mostra a figura 3.24.



**Figura 3.24 – Maquete do projeto Espaço Educativo Urbano I de Rondônia.
Fonte: PROJETO DESIGN, (2000).**

Esta solução também optou pela divisão do programa arquitetônico em blocos que se interligam por varandas. Com isso, além de setorizar os diferentes tipos de atividades, criam-se pátios internos, que contribuem com a ventilação e iluminação naturais, criando ricas áreas de convívio. A implantação do edifício mostrada na figura 3.25 mostra como foi feita a disposição dos blocos no terreno.



Figura 3.25– Implantação do projeto Espaço Educativo Urbano I de Rondônia.
Fonte: PROJETO DESIGN, (2000).

O edifício é estruturado em pilares de concreto e cobertura curva com telhas de alumínio zipadas sobre vigas metálicas calandradas de seção transversal “I”. O telhado encontra-se distanciado dos forros das salas de aula (em laje de concreto) para permitir adequada ventilação pelas laterais e pela abertura horizontal contínua no seu topo (figura 3.26).

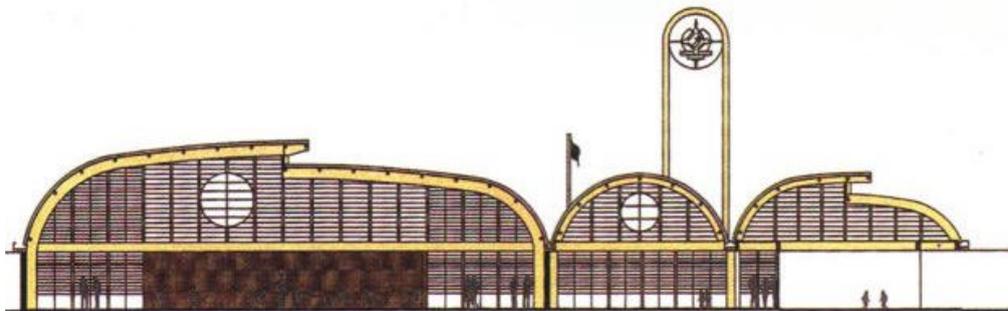


Figura 3.26– Corte esquemático mostrando o sistema de ventilação da cobertura.
Fonte: PROJETO DESIGN, (2000).

Segundo os dados levantados, que foram atualizados em 2003, até esta data foram construídas dez escolas no Estado de Rondônia, sendo cinco no modelo Espaço Educativo Rural (áreas indígenas ou remanescentes de quilombos) e cinco no modelo Espaço Educativo Urbano II (áreas rurais, periferias e municípios de pequeno porte).

3.8.4 - Escola Padrão Mato Grosso

a) Espaço Educativo Urbano I

O projeto que se divide em dois blocos paralelos, um abrigando salas de aula e setor administrativo e pedagógico e outro com as áreas de serviço, recreação e quadra, foi desenvolvido pelos arquitetos Weliton Ricoy Torres e Eduardo Argenton Colonelli, de São Paulo e Nelson Massa, do Mato Grosso (figura 3.27).



**Figura 3.27 – Maquete do projeto de implantação em áreas urbanas.
Fonte: PROJETO DESIGN, (2000).**

Os prédios têm 12 salas de aula e dois mil metros quadrados de área construída, sendo o bloco de salas de aula com dois pavimentos como mostra-se na figura 3.28. A grande preocupação foi com o conforto térmico devido ao clima da região; para isso foi adotado o sistema de ventilação cruzada, com orientação norte – sul, em todos os ambientes e sombreamento das aberturas, sem bloquear a ventilação. Outro recurso utilizado foram os grandes lanternins em todas as coberturas para permitir a saída de ar quente.



Figura 3.28 – Plantas do projeto de implantação em áreas urbanas. Fonte: PROJETO DESIGN, (2000).

b) Espaço Educativo Urbano II e Espaço Educativo Rural

No período entre 1988 e 2003 foram construídas, em Mato Grosso, oito escolas nos modelos Espaço Educativo Urbano II (áreas rurais, periferias e municípios de pequeno porte) e Espaço Educativo Rural (áreas indígenas ou remanescentes de quilombos). Todas em Zonas de Adensamento Prioritário (ZAP), onde se concentra cerca de 40% da população do estado.

Tabela 3.3 – Número de salas de aula das escolas construídas em Mato Grosso entre 1988 e 2003

Município	Assentamento Rural	Área Indígena	Nº salas de Aula
Várzea Grande	Sadia III	-	04
Rondonópolis	Carimã	-	04
	Vale do Bacuri	-	06
Santo Antonio do Leverger	Santana do Taquaral	-	04
Barra do Bugres	-	Umutina	02
Paranatinga	-	Aldeia Pakuera	02
Campinápolis	-	Campina	02
		São Pedro	02

Fonte: SEDUC-MT. (2003)

As escolas possuem salas de aulas, bloco administrativo com diretoria, secretaria, sala de coordenação e dos professores, banheiros, pátio coberto central, que une todas as

instalações, cozinha e cantina. É construído ainda um prédio anexo, que serve de alojamento para os professores, com quartos e banheiros.

Alguns prédios foram estruturados em perfis metálicos formados a frio; todos têm cobertura em telha cerâmica e foram entregues às comunidades completamente mobiliados e equipados.

Nas figuras 3.29 a 3.31 mostram-se fotos do modelo Espaço Educativo Urbano II (áreas rurais, periferias e municípios de pequeno porte) do estado de Mato Grosso:



Figura 3.29 – (a) Vista geral da escola. (b) Vista do pátio central. Fonte: SEDUC-MT. (2003)



Figura 3.30 – (a) Jardim central e circulação em varanda. (b) Laboratório. Fonte: SEDUC-MT. (2003)



(a)



(b)

Figura 3.31 – (a) Interior do pátio central-recreação. (b) Alojamento professores.
Fonte: SEDUC-MT. (2003)

As figuras 3.32 e 3.33 mostram o modelo Espaço Educativo Rural (áreas indígenas ou remanescentes de quilombos) do estado de Mato Grosso:



(a)



(b)

Figura 3.32 – (a) e (b) Vistas gerais da escola. Fonte: SEDUC-MT. (2003)



(a)



(b)

Figura 3.33 – (a) Cozinha. (b) Pátio central com lanternim. Fonte: SEDUC-MT. (2003)

3.8.5 - Escola Padrão De Tocantins

O estudo preliminar do projeto para o modelo Espaço Educativo Urbano I (áreas urbanas) de Tocantins, foi concebido pelo arquiteto Leonardo Prado Marques e posteriormente desenvolvido pelo escritório Gesto Arquitetura. Na figura 3.34 mostra-se maquete do projeto. Com a aprovação de Marques, a equipe do escritório Gesto adaptou o projeto a um sistema construtivo que já haviam utilizado anteriormente em uma escola projetada para um concurso da FDE (Fundação para Desenvolvimento da Educação) órgão que coordena a construção de escolas públicas no estado de São Paulo.



**Figura 3.34– Maquete do projeto para o modelo Espaço Educativo Urbano I de Tocantins.
Fonte: PROJETO DESIGN, (2000).**

O sistema construtivo idealizado baseia-se em um elemento externo e outro interno; o primeiro é composto por peças estruturais pré-moldadas em concreto, posicionadas a cada 3,60 metros, e elementos de fechamento vazados e/ou translúcidos, especificados de acordo com as condições de cada local. O elemento interno é composto por pórticos metálicos estruturais com a mesma modulação externa, neles apóiam-se lajes pré-moldadas de argamassa armada, formando piso e forro. As paredes de vedação são em painéis leves pré-fabricados que se fixam às lajes de piso e de forro através de perfis metálicos soldados.

A cobertura é formada por treliças metálicas estruturais curvas - que possibilita uma treliça mais delgada - e telhas metálicas calandradas com miolo de poliuretano expandido, que proporcionam conforto térmico e acústico. A figura 3.35 mostra perspectiva esquemática do sistema construtivo utilizado.

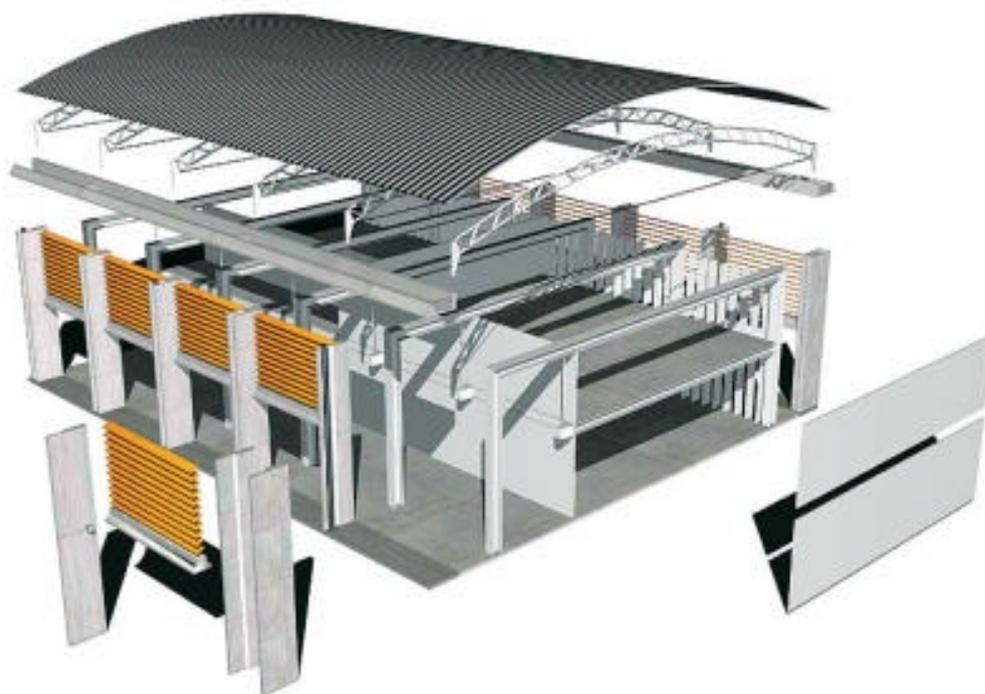


Figura 3.35 – Sistema construtivo utilizado na escola de Tocantins. Fonte: MELENDEZ, A. (2004)

O projeto arquitetônico se divide em três blocos: o didático com salas de aula nos dois pavimentos, o do centro que reúne setor administrativo e instalações de apoio e o do ginásio, todos são interligados por uma passarela coberta no segundo piso como pode ser visto nas figuras 3.36 e 3.37.



(a)



(b)

Figura 3.36 – (a) Fachada bloco didático e ginásio. (b) Passarela coberta interliga os blocos. Fonte: MELENDEZ, A. (2004)



Figura 3.37 – (a) Pátio central. (b) Circulação interna do bloco administrativo. Fonte: MELENDEZ, A. (2004)

A escola de ensino fundamental de Palmas, foi a primeira a ser construída no modelo Espaço Educativo Urbano I (áreas urbanas) no estado de Tocantins; foram previstas outras obras no mesmo modelo que ainda não se concretizaram. Além desta, em todo o Estado de Tocantins foram construídas até 2003 oito escolas; sendo quatro no modelo Espaço Educativo Urbano II (áreas rurais, periferias e municípios de pequeno porte) e quatro no modelo Espaço Educativo Rural (áreas indígenas ou remanescentes de quilombos).

3.9 - Projeto Escola Padrão / RJ

O Programa de Modernização da Rede Pública Municipal de Ensino do Rio de Janeiro tem como uma de suas metas ampliar a rede escolar, composta por mais de mil unidades. Denominado Projeto Escola Padrão, o programa foi convertido em arquitetura entre 2001 e 2002 e já tem 16 unidades concluídas. A Coordenação de Projetos Especiais da Empresa Municipal de Urbanização (RioUrbe) é responsável pelo modelo arquitetônico do programa, cujo projeto que adota a verticalização e a concepção modular em bloco único é de autoria da arquiteta Teresa Rosolem de Vassimon (figura 3.38).



**Figura 3.38 – Projeto padrão da Escola Municipal Mestre Darcy do Jongo, em Madureira (RJ).
Fonte: MELENDEZ, A. (2004)**

Como o programa necessitava de uma rápida execução, o sistema construtivo adotado utilizou estruturas metálicas com perfis soldados do tipo I, laje pré-moldada de concreto (em alguns casos foram utilizadas lajes com forma metálica incorporada), cobertura metálica, esquadrias de alumínio e gradis pré-fabricados. Os prédios, com três pisos, formato retangular e áreas construídas que vão de 1700 a 2500 metros quadrados, possuem concepção modular, o que facilita a acomodação em diversos tipos de terreno. Na figura 3.39, por exemplo, mostra-se uma situação em que foram construídas duas unidades, uma para ensino infantil e outra para ensino fundamental aproveitando o mesmo terreno.



**Figura 3.39 - Unidades Rachel de Queiroz (ensino infantil) e Tia Ciata (ensino fundamental),
ocupam o mesmo terreno com plantas espelhadas. Fonte: MELENDEZ, A. (2004)**

As unidades contam com ambientes especiais para leitura, vídeo, informática e áreas para lazer e esporte, dentro de uma concepção moderna de ensino onde o bem estar dos alunos é amplamente valorizado. Uma grande preocupação com a ventilação e iluminação natural, além de proporcionar ambientes mais salubres e agradáveis, contribui com a diminuição de custos e consumo de energia (figura 3.40).



(a)



(b)

**Figura 3.40 – (a) e (b) Todos os ambientes contam com ventilação e iluminação natural adequadas.
Fonte: MELENDEZ, A. (2004)**

Acredita-se entretanto, não ser esta a melhor configuração a se adotar pois conforme dito anteriormente, opções com o programa dividido em blocos, preferencialmente térreos, conferem maior flexibilidade de implantação e propiciam ambientações que privilegiem pátios e circulações em contato com áreas externas criando espaços mais ricos.

- Sistema de montagem simplificado, rápido e suscetível à execução em sistemas de auto-construção;
- Sistema construtivo aberto, aceitando a utilização de diversos materiais de fechamento, cobertura e acabamentos, sobretudo os de baixo custo.

A partir do final da década de 1990 começaram a ser desenvolvidas pesquisas sobre a viabilidade da utilização de estruturas metálicas neste tipo de habitação, visando uma maior racionalização do processo construtivo. Várias siderúrgicas nacionais começaram a desenvolver projetos para suprir essa demanda e em todos a estrutura em perfis formados a frio mostrou-se como a mais adequada, fazendo com que este tipo de perfil que até então era basicamente utilizado em galpões industriais ganhasse um novo mercado, que encontra-se em franca expansão.

Com o aperfeiçoamento dos projetos, que conquistaram o mercado aumentando a demanda para este sistema construtivo, o custo dos mesmos que no início era 30% superior ao de uma construção convencional, hoje alcança índices até 10% menores que estes. Além disso, as principais vantagens da aplicação deste sistema são a facilidade e rapidez construtivas e a flexibilidade em relação aos materiais de fechamento e acabamento. É muito comum que os conjuntos habitacionais de casas sejam entregues à comunidade local para executá-los em sistema de auto-construção, com a supervisão de uma equipe da construtora responsável ou da prefeitura, o que nem sempre resulta em obras de qualidade satisfatória (HERMSDORFF, 2005). Com o sistema metálico, geralmente a estrutura é montada pela construtora, em poucas horas e entregue à comunidade para finalizar a obra, a utilização das colunas como guias para a execução das alvenarias otimiza consideravelmente esse processo, tornando-o mais rápido e preciso. Segundo relato da Gerência de Desenvolvimento da Aplicação do Aço (CGA) da USIMINAS, em um conjunto habitacional na cidade de Castelo – ES, onde parte das casas foi construída no sistema convencional e parte com estrutura metálica, ambos no sistema de auto-construção, ficou comprovado que com a utilização da estrutura metálica a execução da obra é mais rápida e obtém maior qualidade no acabamento.

O mercado tem trabalhado com duas linhas de projetos, uma com prédios de quatro pavimentos, sendo 16 unidades por edificação (figuras 4.1 e 4.2); e outra com casas térreas com área em torno de 30 a 40 m², como mostrado na figura 4.3. Os projetos sempre buscaram a obtenção de uma estrutura leve e de fácil montagem com opção de variações nos materiais de fechamento e cobertura.



Figura 4.1 – Estrutura do conjunto CDHU, consorcio Múltipla / Alphametal , sistema USIMINAS. Itaim Paulista, SP. Fonte: MERRIGHI (2004)



Figura 4.2 – Conjunto Habitacional com edifício Alusa / Brastubo, sistema COSIPA. Fonte: MERRIGHI (2004)



**Figura 4.3 – (a) Conjunto habitacional c/ sistema CSN. Fonte: CSN (2005)
(b) Conjunto habitacional c/ sistema Gerdau. Fonte: Gerdau (2005)**

Os projetos de habitações térreas são os que melhor se enquadram no perfil da unidade escolar a ser proposta. Assim serão apresentados a seguir os principais projetos de habitações populares térreas em estruturas metálicas, existentes no mercado nacional. Cabe ressaltar que não fez parte deste estudo nenhum tipo de avaliação quanto ao caráter arquitetônico dos projetos, sendo o foco do mesmo apenas a estrutura e seu desempenho em relação ao custo e produtividade construtiva.

4.1 - Casa Fácil Gerdau

A Casa Fácil Gerdau é o sistema de construção popular da empresa Gerdau que é composto por um “*Kit*” com diversas peças em aço laminado, com ligações parafusadas que constitui uma casa de 48 m². O “*Kit*” inteiro pesa apenas 8500 N e é dividido em três partes: gabarito, estrutura principal e estrutura de cobertura, como é ilustrado pela figura 4.4. Possibilita a montagem em sistema de autoconstrução, facilitado por um manual de instruções de montagem. A estrutura pode ser concluída em apenas 2 horas. O telhado geralmente é feito em telhas de barro, aceitando outras opções.

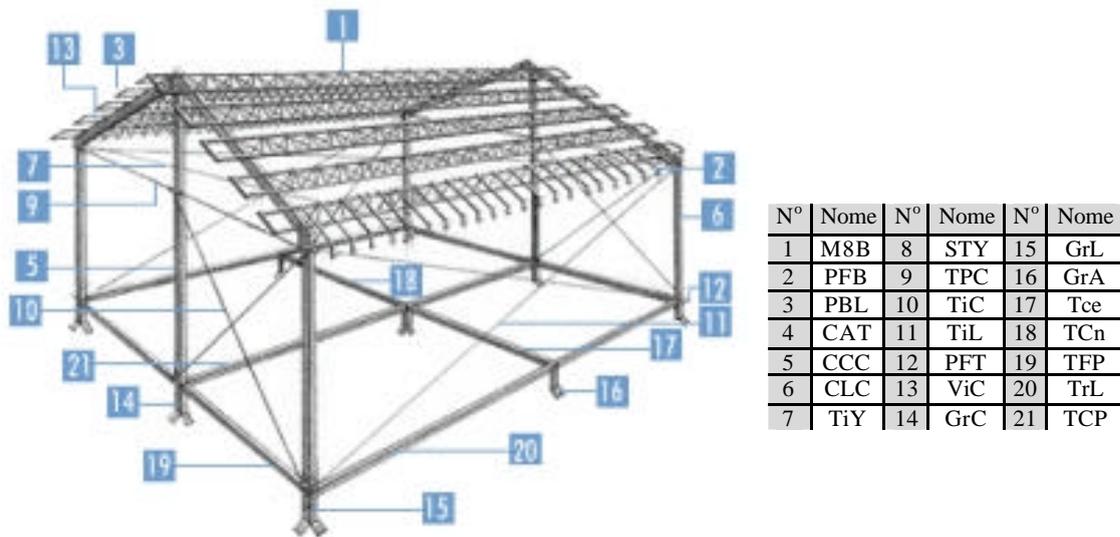


Figura 4.4 - Sistema estrutural com as peças do “Kit” Casa Fácil Gerdau. Fonte: GERDAU (2004)

O fechamento da casa também pode ser executado em diversos materiais. Como a estrutura não possui pilares internos, a distribuição dos ambientes fica totalmente livre aceitando diversas configurações (GERDAU, 2004). Na figura 4.5 mostra-se a planta e perspectiva do projeto padrão da Casa Fácil Gerdau.

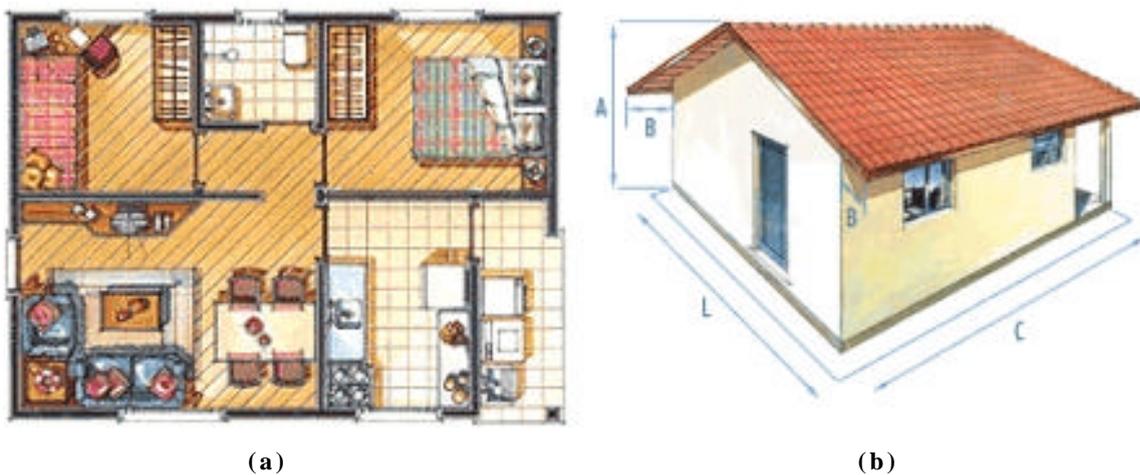


Figura 4.5 – (a) Planta padrão da Casa Fácil Gerdau. (b) Perspectiva da Casa Fácil Gerdau.

Fonte: GERDAU (2004)

4.2 - Projeto Habitacional COSIPA

O sistema construtivo para habitação popular desenvolvido pela empresa Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA é estruturado em perfis formados a frio resistentes à corrosão atmosférica COS AR COR 400, com ligações parafusadas. A estrutura fica embutida nas paredes que podem ser em blocos cerâmicos, de concreto, entre outros. As esquadrias e o engradamento do telhado também são metálicos e o recobrimento deste aceita vários tipos de telha. Na figura 4.6 mostra-se perspectivas da planta e volumetria do projeto padrão da COSIPA.



Figura 4.6 - Maquetes eletrônicas do Projeto Habitacional COSIPA padrão. (a) Planta. (b) Volumetria.
Fonte: COSIPA (2004)

O projeto é vendido em “Kits” de 36 m², com a opção de acréscimo a partir de um “Kit” menor com 18 m² ou utilização do mesmo para um projeto personalizado. O projeto padrão é composto de apenas 5 perfis cujo maior pesa apenas 23 kg. A montagem da estrutura pode ser concluída em apenas 3 horas e a casa fica pronta no prazo entre 6 e 10 dias, podendo também ser montada em sistema de autoconstrução (COSIPA, 2004).

Nas figuras 4.7 a 4.11 mostra-se a seqüência de montagem da estrutura e execução de fechamentos e cobertura de uma casa do projeto habitacional COSIPA.



(a)



(b)

Figura 4.7- (a) Fundação em radier. (b) Início da montagem da estrutura. Fonte: COSIPA (2004)



(a)



(b)

Figura 4.8- (a) Maquete eletrônica da estrutura. (b) Locação das colunas. Fonte: COSIPA (2004)



(a)



(b)



(c)

Figura 4.9- (a), (b) e (c) Seqüência de execução da cobertura. Fonte: COSIPA (2004)



(a)



(b)



(c)

Figura 4.10- (a), (b) e (c) Seqüência de execução do fechamento. Fonte: COSIPA (2004)



(a)

(b)

(c)

Figura 4.11- (a), (b) Detalhes construtivos. (c) Finalização da obra. Fonte: COSIPA (2004)

4.3 - Sistema Modular de Construção CSN

O sistema construtivo para habitações populares da Companhia Siderúrgica Nacional – CSN tem a estrutura composta por perfis de chapas de aço galvanizado, formados a frio. No fechamento externo são utilizados painéis modulares em aço galvanizado e perfis “U” simples fazendo a composição e ligação entre os módulos. O engradamento do telhado é feito em perfis estruturais dobrados tipo "U" enrijecidos e perfis cartola.

O “Kit” metálico possibilita a montagem de uma casa de 50 m² que aceita ampliações e pode ser montada entre 15 e 30 dias, podendo ser utilizado também para projetos personalizados. Os “Kit” possibilitam a utilização de diversos outros tipos de fechamentos como tijolos, blocos e placas cimentícias. Além da utilização convencional em projetos de residências, o projeto já foi adaptado para diversos fins como postos médicos, escritórios, quiosques, entre outros como ilustrado na figura 4.12.



(a)



(b)

Figura 4.12 – (a) Conjunto habitacional, sistema CSN. (b) Posto Médico, sistema CSN. Fonte: CSN (2005)

O desempenho termo-acústico da casa executada no sistema modular CSN foi avaliado em testes realizados pelo IPT, estando em análise a obtenção da Referência Técnica.

4.3.1 Sistema de montagem:

O sistema de montagem do projeto da CSN obedece as seguintes etapas:

- ✓ Fundação composta por viga baldrame, recebendo a laje do piso uma manta asfáltica para impermeabilização.
- ✓ Os painéis de aço estrutural já vêm com os vãos das portas e janelas, que são levantados sobre um sóculo existente na laje, a partir de um canto externo.
- ✓ Os módulos são fixados entre si por meio de parafusos e em seguida são chumbados no piso com parafusos e buchas de expansão. Concluída a montagem da estrutura, inicia-se a colocação da estrutura do telhado, com perfis de aço.
- ✓ As redes hidráulica e elétrica são embutidas nas paredes, vedadas internamente com chapas de gesso acartonado e fixadas com parafusos auto-atarraxantes. As juntas são tratadas com fitas e massas impermeabilizantes.
- ✓ Nas áreas molháveis são utilizadas chapas de gesso do tipo resistentes à umidade, que têm absorção de água limitada em 5%.
- ✓ As paredes externas podem receber revestimento em chapas de fibrocimento ou *sidings* vinílicos.
- ✓ A cobertura permite o emprego de diversos tipos de telha, desde telha cerâmica, metálica até de fibrocimento (CSN, 2005).

4.4 - Usiteto

A empresa USIMINAS desenvolve duas linhas de projetos para habitação popular, sendo uma composta por edifícios de quatro pavimentos com quatro unidades por andar e outra por casas de aproximadamente 36 m². Os dois sistemas resultam em obras de grande produtividade e baixo custo e são amplamente empregados em conjuntos habitacionais. O objeto de estudo deste trabalho são as casas por sua configuração semelhante ao sistema construtivo proposto (FRANSOZO, 2004; HERMSDORFF, 2005)

O projeto é composto por engradamento metálico e colunas que servem de guias para o alinhamento das alvenarias, as ligações são todas parafusadas e padronizadas (figura 4.13). Muitas vezes a construtora monta a estrutura, até mesmo com participação da comunidade, e entrega a mesma para que os próprios moradores executem os fechamentos e acabamentos em sistema de autoconstrução. O projeto aceita vários tipos de fechamento, blocos de concreto, concreto celular e tijolos cerâmicos, sendo este último um dos mais utilizados.



Figura 4.13 – (a) Estrutura da casa USITETO. (b) Maquete eletrônica da casa USITETO.

Fonte:

USIMINAS (2005)

O engradamento do telhado e as esquadrias também são metálicos. Para recobrimento do telhado foram feitas experiências com telhas de fibrocimento, metálica e colonial de barro; que é a mais utilizada devido ao melhor desempenho térmico. O projeto permite uma construção em módulos que pode ser ampliada em várias etapas de construção até chegar à área total de 36 m², como mostrado na figura 4.14. muitas vezes dois ou mais módulos são interligados gerando projetos maiores (USIMINAS, 2005).

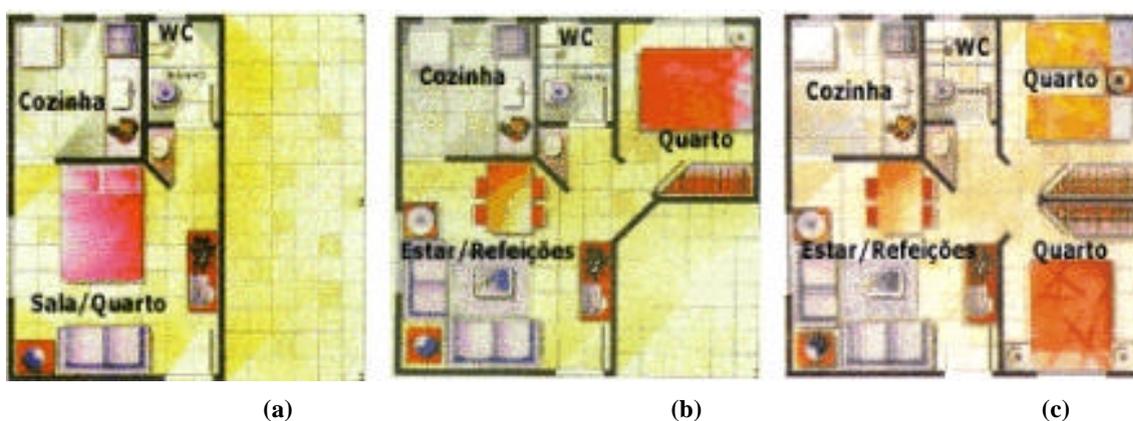


Figura 4.14 – (a), (b) e (c) Seqüência de ampliação do projeto USITETO. Fonte: USIMINAS (2005)

4.4.1 Características construtivas:

As principais características da estrutura e engradamento do projeto USITETO, são:

- ✓ Aço USI-SAC 41 resistente à corrosão atmosférica
- ✓ 540 kg de aço
- ✓ Chapas dobradas a frio com 2 mm de espessura
- ✓ Ligações aparafusadas
- ✓ Telhas tipo Colonial
- ✓ Espaçamento das ripas: 440 mm
- ✓ Peso: 800 N/m²
- ✓ Quantidades por m²: 22 peças

As esquadrias metálicas em aço para portas e janelas utilizam o aço USI-R-COR e também um tratamento anticorrosivo (USIMINAS, 2005).

No que se refere á inserção no território nacional, o quadro atual de industrialização da construção civil no Brasil, não apresenta uma situação muito diferente da exposta anteriormente. Devido à sua dimensão continental, o Brasil possui regiões muito diferentes entre si, principalmente em relação ao desenvolvimento econômico, tecnológico e social. Portanto, encontra-se regiões em que a industrialização já vem sendo implantada a um certo tempo, com bom nível de desenvolvimento e outras em que o construir ainda é uma prática totalmente artesanal.

Nota-se com isso, que muitas regiões passam por uma fase de transição no panorama construtivo em que os procedimentos tradicionais já consolidados e incorporados vão assimilando, gradativamente, novas técnicas e materiais que pouco a pouco conferem maior produtividade à construção.

5.1.1 – Níveis de Evolução da Construção Civil

Firno (2003), descreve os níveis envolvidos neste processo de transformação do quadro da construção civil como apresentado a seguir:

- a) **Tradição:** busca e resgate de técnicas construtivas locais e do passado, almejando um menor impacto e otimização na utilização dos recursos humanos e naturais, (conseqüentemente energéticos).
- b) **Inovação Tecnológica:** substituição das técnicas da tradição construtiva pelas novas tecnologias industriais importadas já iniciadas em alguns setores construtivos ou nichos de mercado.
- c) **Tradição x Inovação:** tentativa da incorporação de novas tecnologias concomitantemente com as atuais.

Essa integração entre técnicas tradicionais e construção industrializada ocorre em alguns países do primeiro mundo, como Japão e Estados Unidos, como uma tendência inovadora, buscando o princípio da sustentabilidade. No Brasil, diferente disso, o que se percebe é uma adaptação feita sem maiores planejamentos que vai se consolidando pouco a pouco.

Contudo, a implantação desta prática de forma sistematizada e programada sem dúvida se mostra como uma alternativa de grande potencial para o desenvolvimento dos processos construtivos em regiões com baixos índices de desenvolvimento econômico e tecnológico. Em exemplos citados anteriormente neste trabalho (capítulos 3 e 4), fica evidente algumas fortes linhas de implantação desta tendência:

- nas escolas executadas pelo FUNDESCOLA, sobretudo as implantadas nas áreas rurais e até mesmo nos assentamentos indígenas e áreas remanescentes de quilombos, a utilização da estrutura metálica como opção construtiva se faz presente na maioria das vezes. Em todos os casos foi utilizada com alvenarias convencionais, processo construtivo de domínio da mão-de-obra local. No caso da escola de Xapuri (AC) por exemplo, houve até mesmo a utilização de partes da estrutura em madeira.
- na construção de habitações populares, a estrutura metálica entra com sua produtividade e qualidade construtiva acelerando os processos de implantação dos conjuntos habitacionais, que na maioria dos casos são também concluídos com alvenaria convencional. Muitas vezes, os mesmos são entregues à comunidade apenas com as estruturas montadas para serem concluídas em sistema de auto-construção, onde se emprega na fase de execução da alvenaria, o saber construtivo tradicional.

A utilização de princípios de industrialização nestas experiências é, sem dúvida, uma bem sucedida tentativa de se aplicar um mínimo de racionalização nestes procedimentos construtivos e disseminar os princípios de produtividade e alta qualidade que norteiam os sistemas construtivos com tecnologia empregada. Se o panorama nacional apresenta realidades tão distintas, nada mais válido que a implantação, mesmo que lentamente, de procedimentos integrados visando maior qualidade e produtividade; sobretudo em empreendimentos de cunho social.

5.1.2 – Etapas de Desenvolvimento dos Processos Construtivos

De acordo com a classificação apresentada por Sabbatini (1989) para os processos construtivos, tem-se:

- a) **Tradicionais**: produção artesanal, com uso intensivo de mão-de-obra, baixa mecanização com elevado desperdício de material e tempo.
- b) **Racionalizados**: incorporam princípios de planejamento e controle, tendo como objetivo eliminar o desperdício, aumentar a produtividade, planejar o fluxo de produção e programar as decisões.
- c) **Industrializados**: uso intensivo de elementos produzidos em instalações fixas e acoplados no canteiro, vinculados a fatores de organização, desempenho e incremento da produtividade.

Portanto, a racionalização destes processos construtivos incorpora aos mesmos níveis de industrialização que têm o objetivo de aumentar a produtividade, diminuir custos e desperdícios, otimizar recursos e desempenho diminuindo a ocorrência de patologias.

“A racionalização de um processo construtivo nasce na concepção, desenvolve-se no projeto e materializa-se na construção de uma edificação.

(Coelho, 2003)

O projeto arquitetônico é o catalisador de todos os componentes que contribuem para a efetiva racionalização da construção. Seja na concepção e tomada de decisões tanto do projeto arquitetônico quanto do sistema construtivo, na compatibilização de projetos complementares ou no desenvolvimento de interfaces construtivas.

Para atender a essas premissas é necessário que o mesmo seja concebido a partir de condicionantes especificamente desenvolvidas com o intuito de nortear tomadas de

decisões, referentes à concepção espacial e ao sistema construtivo, para que sejam desenvolvidos dentro dos preceitos que regem a construção industrializada, como os que serão descritos a seguir neste mesmo capítulo.

5.2 – Sistema Construtivo

Ao se iniciar a concepção de um projeto, independente das dimensões do mesmo, é necessário que sejam tomadas uma série de decisões relativas aos materiais, componentes, soluções construtivas a serem adotadas e interfaces entre as mesmas. O projeto arquitetônico é, sem dúvida, o instrumento de ligação entre todas as etapas de um processo construtivo, sendo portanto, o meio através do qual pode-se alcançar a produtividade necessária.

A visão global do processo cabe ao coordenador, muitas vezes papel do arquiteto, que deve ter conhecimento e domínio de todas as etapas correlacionadas, projetos complementares, e soluções implementadas durante o desenvolvimento dos serviços. A logística de implantação e a inter-relação entre processos e profissionais responsáveis por cada etapa é fundamental para se alcançar níveis satisfatórios de produtividade e qualidade. Cada detalhe deve ser pensado tendo em vista a forma como será executado, buscando uma maior otimização da construção e evitando-se tomadas de decisão no canteiro de obras.

Segundo Franco (1994), dentre as premissas de desenvolvimento de um projeto, a construtibilidade é o fator que fundamenta grande parte das medidas de racionalização do processo construtivo, simplificando e facilitando as atividades de execução. Diversas pesquisas comprovam que a procedência da maioria das patologias em edifícios, 40 a 45 % do total, é oriunda da falta de detalhamentos precisos e eficazes (MESEGUER,1991).

Para a concretização de tais conceitos, é de grande importância que os profissionais envolvidos entendam a construção como um processo composto de etapas complementares, gerando um sistema construtivo, como descreve Sabbatini (1989):

- a) **Técnica Construtiva**: é um conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma construção;
- b) **Método Construtivo**: é um conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregadas na construção de uma parte (sub-sistema ou elemento) de uma edificação;
- c) **Processo Construtivo**: é um organizado e bem definido modo de se construir um edifício. Um específico processo construtivo caracteriza-se pelo seu particular conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações do edifício (invólucro);
- d) **Sistema Construtivo**: é um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo.

Esquemáticamente estes conceitos podem ser hierarquizados conforme Figura 5.2.

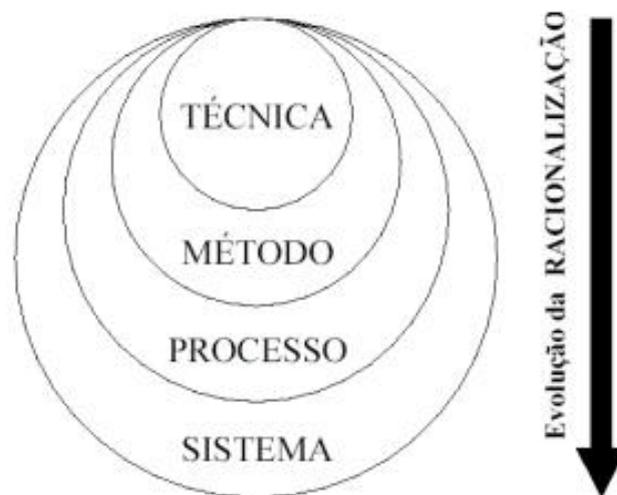


Figura 5.2 – Evolução da racionalização da construção. Fonte: Coelho (2003)

Portanto, pensar uma obra como sistema construtivo é o primeiro passo para se alcançar níveis mínimos de racionalização na construção, sobretudo quando se fala de processos total ou parcialmente industrializados, nos quais esse conceito é imprescindível.

5.3 – Coordenação Modular

“O conceito de produção em série é utilizado para descrever o método pelo qual se fabricam grandes quantidades de um produto padronizado. A produção em série não é simplesmente produção em quantidade..., nem produção mecânica.

A produção em série é a aplicação de princípios de POTÊNCIA, PRECISÃO, ECONOMIA, MÉTODO, CONTINUIDADE e VELOCIDADE a um processo de fabricação.

(Henry Ford – BENDER, 1976)

A busca por proporções e relações numéricas ideais faz parte da arquitetura desde os primórdios de seu desenvolvimento. Nas pirâmides do Egito, assentamentos Incas ou na arquitetura Grega e Romana é fácil observar a repetição de medidas fazendo-se marcante na composição dos espaços e adornos em busca de uma harmonia estética. O termo módulo vem do latim ‘*modulus*’ – pequena medida – e foi a partir de experiências bem sucedidas como as anteriormente citadas, que a prática de se adotar uma medida, ‘módulo’, como célula de repetição em busca de proporções ideais se consolidou dando origem ao que chamamos modulação.

No início a utilização da modulação, além de facilitar processos construtivos, tinha como objetivo primordial a busca de proporções estéticas e visuais. Com a Revolução Industrial e o desenvolvimento das primeiras experiências de fabricação em massa de peças idênticas, a produção em série, o conceito de modulação passa a ter papel fundamental para o êxito de tais processos.

Tem início então, a industrialização da construção que adota os mesmos princípios da produção em série, já que as peças são produzidas em fábricas e levadas aos canteiros de obras, muitas vezes em outros países, para serem montadas. Mais do que nunca os projetos arquitetônicos têm que ser concebidos a partir dos conceitos de modulação, visando a repetição do maior número de peças. Nesta nova visão, estes princípios, muito além de configurarem a busca de proporções e recursos estéticos, consolidam-se como principal artifício para o aumento da produtividade e racionalização das obras.

Após a industrialização, a padronização de peças construtivas foi sendo sistematizada e otimizada a cada nova experiência. Toda a produção de edifícios em ferro fundido já se baseava neste conceito, até mesmo quando edifícios inteiros eram importados chegando ao país de destino prontos para serem montados. No Brasil, em meados do século XIX, muitas obras foram construídas neste processo, como é o caso das experiências como o Sistema *Danly*, que utilizava, além da estrutura em ferro fundido, o fechamento em painéis duplos de chapa de ferro estampada (KRÜGER, 2000). Um dos poucos exemplares deste sistema é a Estação Ferroviária de Bananal (SP), cuja estrutura e os painéis de fechamento chegaram ao país prontos e numerados para serem montados, como se observa nas figuras 5.3 e 5.4.



Figura 5.3 – Estação Ferroviária de Bananal (SP). Fonte CBA (1991)

Durante a desmontagem da estrutura da Estação Ferroviária de Bananal (SP) pôde-se observar a numeração das peças utilizada para a logística de montagem, como mostra a figura 5.4.

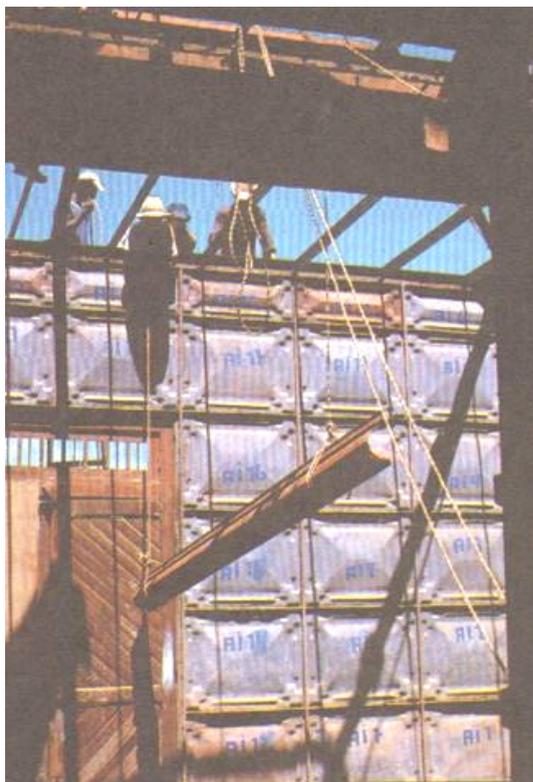


Figura 5.4– Desmontagem da estrutura da Estação Ferroviária de Bananal (SP). Fonte CBA (1991)

Portanto, a coordenação modular deve ser entendida como um dos principais critérios de projeto de edifícios industrializados. É importante que a mesma não seja confundida com a simples e aleatória repetição de medidas, componentes ou edifícios; nem como geradora de monotonia plástica e arquitetônica (NUIC, 2003). Uma solução eficaz baseada nos critérios de coordenação modular, acima de tudo, está associada a processos criativos sofisticados que possuem critérios técnicos bem definidos e sistematizados. A partir de uma malha ortogonal simples gerada através do módulo padrão utilizado, pode-se gerar infinitas combinações (figura 5.5).

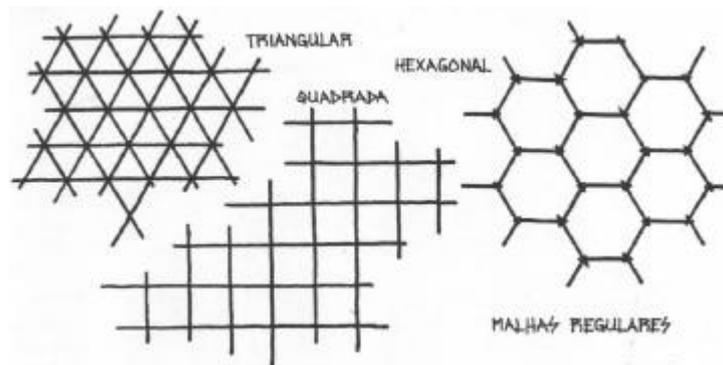


Figura 5.5 – Variações de malhas regulares. Fonte Sá (1982)

Vários exemplares da arquitetura moderna mostram a versatilidade que pode ser alcançada com a utilização eficaz da coordenação modular. No Centre Georges Pompidou em Paris, França, os arquitetos Richard Rogers e Renzo Piano, além de criarem espaços extremamente ricos, utilizaram a própria malha da modulação adotada como recurso estético de grande expressividade na fachada do edifício (figura 5.6).



Figura 5.6 – Centre Georges Pompidou, Paris, França. Fonte: POMPIDOU (2005)

Um dos mais ousados exemplos de que a modulação e repetição de peças padronizadas não é empecilho para a plasticidade arquitetônica, é o Museu Guggenheim de Bilbao, na Espanha, mostrado nas figuras 5.7 e 5.8 que foi projetado pelo arquiteto Frank O. Gehry e todo construído utilizando-se perfis padrão.



Figura 5.7 – Museu Guggenheim, Bilbao, Espanha. Vista geral. Fonte: GUGGENHEIM (2005)



Figura 5.8 – Museu Guggenheim, Bilbao, Espanha. Entrada principal. Fonte: GUGGENHEIM (2005)

Se o sistema construtivo a ser adotado prevê a utilização de estrutura metálica, além da coordenação modular como norteadora do projeto, é de extrema importância que a malha aplicada seja originada no módulo básico de 600 mm que se configura como a medida “ótima” para os sistemas industrializados em aço. Toda a produção siderúrgica se baseia neste módulo, seja nas medidas das chapas ou perfis; o que vinculou até mesmo as medidas básicas dos meios de transporte. Além disso, este módulo origina um grande número de subdivisões, conforme mostrado na figura 5.9, possibilitando maior aproveitamento das peças e reduzindo os níveis de desperdício.

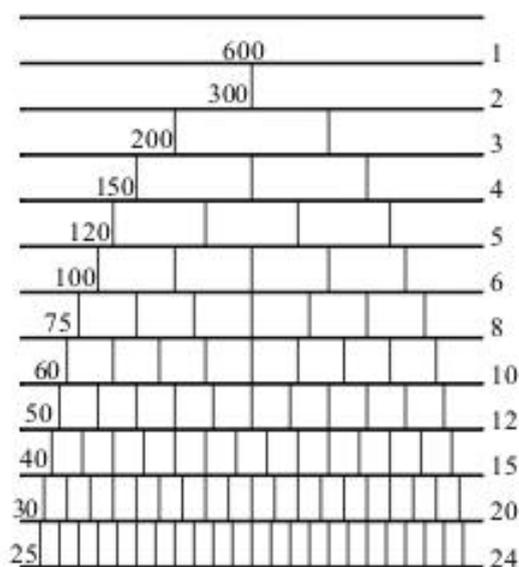


Figura 5.9 – Subdivisões do módulo básico de 600mm. Fonte: Santos (1996).

Mais do que nortear a modulação da estrutura, o papel da coordenação modular é promover uma perfeita interação entre todos os componentes e materiais de um sistema construtivo. Toda a indústria da construção adota a mesma modulação na produção de insumos e componentes, seja o aço, materiais de fechamento horizontal e vertical, acabamentos, coberturas entre outros.

Por tanto, tão importante quanto a adoção dos princípios da coordenação modular na concepção do projeto é a utilização do módulo certo na mesma. Com isso é possível

alcançar maiores índices de produtividade e racionalização nas obras, diminuir o desperdício e otimizar a interface entre a estrutura e os demais materiais utilizados no sistema construtivo.

5.4 – Sistemas de Fechamento

Ao pensar um sistema construtivo em estrutura metálica, é fundamental que antes de iniciar o anteprojeto sejam pré-definidos todos os sistemas complementares e acabamentos a serem utilizados e a forma de integração dos mesmos com a estrutura. Assim, é possível pensar no projeto de uma forma global tendo em mente todos os materiais e tecnologias a serem utilizados, o que facilita o desenvolvimento de detalhes de interfaces e ligações.

O mercado nacional oferece diversos tipos de vedação compatíveis com estruturas metálicas, que apresentam diferentes materiais e tecnologias de aplicação. A escolha do sistema de fechamento mais adequado a cada empreendimento deve passar por uma avaliação que leve em consideração o tipo de estrutura utilizado, o porte do empreendimento, a disponibilidade de fornecimento do material e de mão-de-obra para aplicação do mesmo nas proximidades de implantação da obra.

Os fechamentos verticais se dividem em dois grupos, os de alvenaria de tijolos ou blocos, moldados “*in loco*”; e os de painéis e placas, pré-moldados e ou industrializados. Estes últimos são, a princípio, os sistemas desenvolvidos mais especificamente para utilização com estruturas metálicas, proporcionando maior rapidez e racionalização na aplicação. Quanto à integração do sistema de fechamento e a estrutura, diversas são as possibilidades de aplicação, no que se refere ao posicionamento, tipo de interface, etc; sendo que estas devem ser definidas antes do início do projeto, visando facilitar o detalhamento. Um resumo simplificado dos tipos de integração entre fechamentos verticais e estruturas é apresentado na tabela 5.1 a seguir, segundo (COELHO, 2003).

Tabela 5.1 – Variantes de interface fechamento x estrutura

ESTRUTURA METÁLICA	VEDAÇÃO INTERNA			BLOCOS	Alvenaria Vinculada
					Alvenaria Desvinculada
				PLACAS	Gesso Acartonado
				PAINÉIS	Concreto Celular Autoclavado
		Argamassa Armada			
	VEDAÇÃO EXTERNA	POSIÇÃO Eixo / Face Interna / Face Externa	ESTRUTURA Aparente / Revestida	BLOCOS	Alvenaria Vinculada
					Alvenaria Desvinculada
			PLACAS	Placa Cimentícia	
			PAINÉIS	Concreto Celular Autoclavado	
				Argamassa Armada	
		Concreto c/ Reforço de Fibra de Vidro GRFC			

Fonte: COELHO (2003)

Apresenta-se a seguir breve descrição de alguns tipos fechamentos que foram estudados por apresentarem características compatíveis com a utilização no sistema construtivo sugerido pelas condicionantes de projeto a serem propostas. Foram priorizados os fechamentos mais comumente utilizados em diversas regiões, que possuam pequenas e médias dimensões e peso reduzido, dispensando a utilização de máquinas na sua execução, que sejam de fácil execução, custo acessível e que apresentem tecnologia compatível com a utilização em obras estruturadas em aço, especialmente em perfis formados a frio.

5.4.1 – Alvenarias de Tijolos E Blocos

Por ser um tipo de fechamento moldado “*in loco*”, as alvenarias de tijolos ou blocos nem sempre atingem o grau de racionalização desejado para obras industrializadas, principalmente quando executadas sem uma metodologia adequada, o que pode gerar perdas substanciais de material e mão-de-obra. Entretanto, são sem dúvida a opção de menor custo e maior facilidade de execução e viabilização em qualquer tipo de obra e local (Sales, 2001).

a) Tijolos e Blocos Cerâmicos

Encontrados em praticamente todos os locais devido a facilidade de obtenção de sua matéria prima, são os de emprego mais comum e difundido no país, onde a maioria absoluta da mão-de-obra disponível possui certo domínio de sua aplicação. As alvenarias são produzidas pela união dos blocos através de argamassa de assentamento e devem ser revestida de acordo com o detalhamento previsto para cada obra.

O vasto número de fabricantes disponibiliza no mercado um variado leque de opções em relação às dimensões e seções vazadas; que devem atender à norma NBR-7171 – “Bloco Cerâmico para Alvenaria” (COELHO, 2000).

O formato da seção a ser utilizada deve ser adotado levando em consideração à modulação utilizada facilidade de passagem de tubulações já que o desperdício de material e atraso com a quebra das alvenarias para passagem das mesmas constitui uma das maiores desvantagens da mesma.

Quando utilizados com estrutura de aço, deve-se fazer um devido detalhamento de interface entre os materiais evitando-se patologias futuras (figura 5.10).



(a)

(b)

**Figuras 5.10 – (a) e (b) Assentamento de tijolo cerâmico x estrutura metálica.
Fonte: MERRIGHI (2004)**

b) Blocos de Concreto

Este tipo de bloco deve ser utilizado em projetos desenvolvidos com base na coordenação modular, que além de imprimir maior qualidade e produtividade ao processo, é fundamental devido à dificuldade de corte dos mesmos que pode até mesmo inviabilizar a obra.

Por serem um tipo de vedação mais pesada, são mais adequados a obras horizontais com paredes de grande dimensões, sendo amplamente utilizados em shoppings, fábricas e galpões (figura 5.11).



Figura 5.11 – Assentamento de bloco de concreto x estrutura metálica. Fonte: BATTAGLIA (2002)

Sua aplicação é regulamentada pela norma NBR-7173. São facilmente encontrados no mercado, inclusive em versões com textura em uma das faces, o que permite sua utilização sem revestimento, tomando-se as devidas precauções quanto à estanqueidade. Outra facilidade de aplicação são as grandes aberturas que possuem que facilitam a passagem de tubulações e grouteamento (COELHO, 2000).

c) Blocos de Concreto Celular Autoclavado

Blocos maciços, produzidos com tecnologia específica que lhes confere baixo peso e bom isolamento térmico. Suas dimensões maiores, variando de 60cm de comprimento por 30 a 40cm de altura de acordo com o fabricante, e a facilidade de corte conferem maior rapidez à execução.

Entretanto, por serem maciços necessitam ser cortados para passagem de tubulações e só podem ser aplicados com revestimento, tomando-se os devidos cuidados com a estanqueidade. Podem ser usados para fechamentos internos e externos e têm sua aplicação regulamentada pela norma NBR-13440 (COELHO, 2000). Dentre as opções de blocos, são um tipo de fechamento bastante utilizado com estruturas metálicas, como no exemplo mostrado na figura 5.12.



**Figura 5.12– Assentamento de bloco de concreto celular autoclavado x estrutura metálica.
Fonte: MERRIGHI (2004)**

d) Tijolo de Solo-Cimento

Obtido através da mistura de solo, cimento e água, o tijolo de solo-cimento se apresenta como uma opção de baixo custo e fácil obtenção em qualquer região. Uma das grandes vantagens é que além de ser normalmente comercializado por diversos fabricantes esse tijolo pode ser produzido no próprio canteiro de obras reduzindo ainda mais o custo.

Com uma pequena máquina de compactação manual, como a mostrada na figura 5.13, é possível se alcançar uma produção em torno de 1500 tijolos por dia utilizando o solo do próprio terreno, desde que o mesmo tenha características adequadas para a produção dos mesmos.



(a) (b)
Figura 5.13 – (a) e (b) Prensa manual de produção de tijolo de solo-cimento

Após a inserção da mistura fresca dentro dos moldes de prensas hidráulicas ou manuais, ocorre a prensagem dos blocos ou tijolos, que devem ser estocados, de preferência em local coberto. Para cura, as peças devem ser molhadas três vezes ao dia, durante um período mínimo de sete dias, para que a mistura prensada endureça e adquira a resistência desejada. De acordo com as normas da ABNT, só depois de 14 dias é que os tijolos ou blocos poderão ser aplicados em construção.

Com testes simples de laboratório é possível fazer a avaliação do solo e do traço ideal para a produção do tijolo, normalmente os solos mais arenosos são os mais indicados.

Outra vantagem deste material é que o mesmo dispensa o cozimento, configurando-se como uma alternativa ecologicamente correta que atinge ótimos níveis de resistência. Em relação à produtividade da obra, o que confere maior racionalidade na utilização do tijolo de solo-cimento é a possibilidade de passar as tubulações elétricas e hidráulicas por seus furos de grandes dimensões e de assentamento dos mesmos sem argamassa, o que possibilita uma obra seca e rápida. Além disso, a grande qualidade de acabamento das peças torna possível utiliza-lo sem revestimento, com excelentes resultados (figura 5.14).



Figura 5.14 – (a) e (b) Tijolo solo-cimento assentado sem argamassa e revestimento.
Fonte: CASANOVA (2004)

5.4.2 – Placas e Painéis Industrializados

Com o desenvolvimento da construção metálica no país diversos tipos de revestimentos começaram a chegar ao mercado nacional e serem produzidos no Brasil. As placas e painéis utilizados nesse tipo de construção são materiais produzidos com certo grau de industrialização, dependendo de cada tipo, e conferem maior racionalização à construção devido a sua rapidez de execução e sistema de montagem que proporcionam obras secas e rápidas.

O tipo de painel a ser utilizado em cada obra deve ser escolhido de acordo com o porte da mesma, grau de industrialização e disponibilidade no mercado local. Alguns produtos são mais adequados para obras de maior porte devido a seu grande peso e dimensões, outros têm custos muito elevados devido ao alto grau de tecnologia empregado, sendo, portanto indicados para obras mais sofisticadas. A partir da pesquisa realizada serão descritos resumidamente a seguir alguns painéis possíveis de se adequar ao sistema construtivo sugerido pelas condicionantes de projeto desenvolvidas neste trabalho, de acordo com o porte e custo do mesmo.

a) Painel de Gesso Acartonado

Mais utilizados nas divisões internas das edificações ou na face interna dos painéis de fachada, os painéis de gesso acartonado são compostos por placas de gesso revestidas por folhas de papelão em ambos os lados.

Esta combinação agrega a resistência à compressão do gesso com a resistência à tração do papel cartão. No entanto, tanto um quanto do outro, são materiais que não se comportam adequadamente em meios submetidos à ação de umidade. Quando utilizados em áreas molhadas como banhos, cozinhas ou na face interna de painéis de fachada, devem possuir uma película hidrófuga para sua proteção.

Estas placas são comumente encontradas com dimensões nominais de 1,20 m de largura, 2,60 m a 3,00 m de comprimento e nas espessuras de 12,5 mm, 15,00 mm e 18,00 mm. Para sua fixação são utilizados guias montantes de madeira ou aço zincado, como ilustra a figura 5.15.



(a)

(b)

Figura 5.15 – (a) e (b) Sistema de fixação das placas de gesso acartonado nos montantes.

Fonte: LAFARGE (2004)

Por possuírem um colchão de ar entre uma placa e outra, facilitam a passagem de tubulações e utilização de materiais isolantes em seu interior para otimizar o isolamento termo-acústico, como mostra a figura 5.16(a). A fixação de elementos como bancadas ou prateleiras deve ser prevista em projeto para que sejam executados reforços, como os mostrados na figura 5.16(b), nos pontos de fixação dos mesmos.



(a)

(b)

Figura 5.16 – (a) Passagem de tubulações entre os painéis de gesso. (b) Fixação de equipamentos nos montantes do painel de gesso acartonado. Fonte: LAFARGE (2004)

b) Placa Cimentícia

Sistema de vedação composto por placas de cimento reforçado com fibras de celulose ou telas de fibra de vidro, podendo ainda ser adicionados quartzos ou argamassa de baixa densidade, de acordo com cada fabricante (Kruger, 2000).

São usadas tanto para fechamento interno quanto externo e podem ser aplicadas em áreas expostas à ação de umidade. O sistema de fixação e montagem é muito semelhante ao das placas de gesso acartonado e suas dimensões variam de acordo com o fabricante podendo ter a largura variando entre 900 mm e 1.200 mm, o comprimento entre 1.250 mm e 2.400 mm; com espessuras variadas (figuras 5.17 e 5.18).



Figura 5.17 – Placa cimentícia em fachada de residência em Steel-Frame



Figura 5.18 – Placa cimentícia em fachada de galpão industrial

c) Painel de Concreto Celular Autoclavado

Produzidos através de um processo industrial, os painéis de concreto celular autoclavado são compostos de uma mistura de materiais calcáreos (cimento, cal ou ambos) e materiais ricos em sílica, granulados finamente formando um concreto leve (SALES, 2001). A grande porosidade desta mistura confere ao material baixo peso e bom isolamento térmico.

Podem ser utilizados como divisórias internas, fechamentos externos e até mesmo como painéis de piso. Apresentam modulação de 40,00 cm de largura, 300,00 cm de comprimento e espessura variando entre 10,00 cm, 12,50 cm e 15,00 cm (figura 5.19). Os painéis são rigidamente unidos através de cimento-cola e têm como elemento complicador a baixa precisão dimensional, o que requer uma maior espessura do acabamento final.



(a)



(b)

Figura 5.19 – (a) e (b) Obras em estrutura metálica e painel sical. Fonte: COELHO (2000)

De acordo com (COELHO, 2000), a armadura interna desses painéis dificulta o embutimento das instalações, que deve ser feito após o assentamento, como mostra-se nas figuras 5.20 e 5.21.



Figura 5.20 – Detalhe da armação interna do painel sical. Fonte: SICAL (2005)

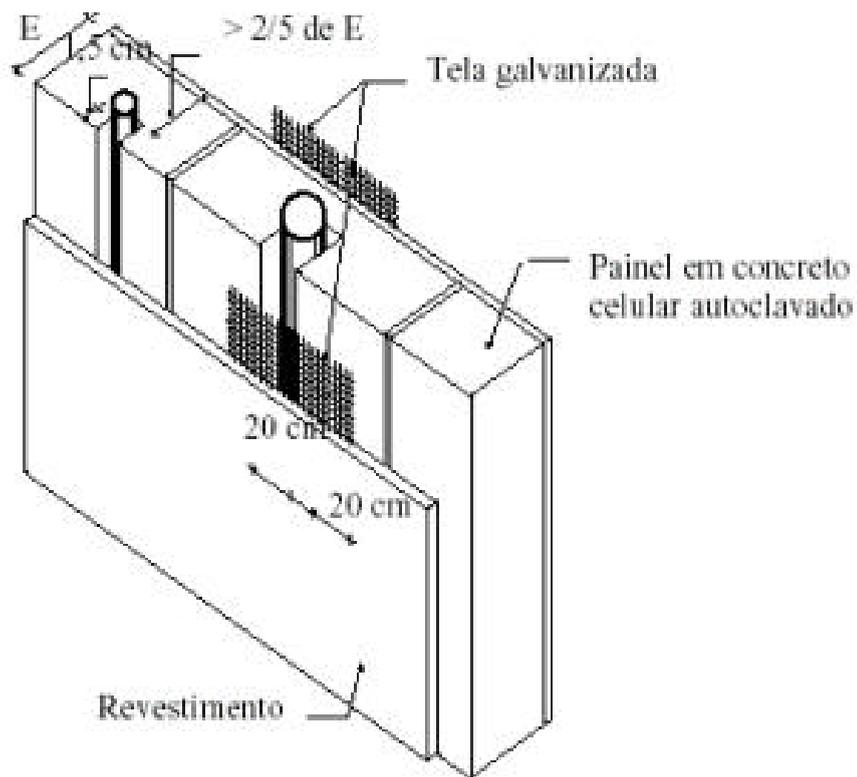


Figura 5.21 – Detalhe do embutimento de tubulações no painel sical. Fonte: COELHO (2000)

d) Painel de Argamassa Armada

Os painéis de argamassa armada podem ser produzidos industrialmente ou no próprio canteiro de obras, quando há espaço suficiente, dependendo das dimensões do mesmo. Compostos de concreto com armadura interna, esses painéis podem ser maciços ou apresentar uma camada interna de poliestireno, o que diminui o peso e otimiza o isolamento termo-acústico.

São produzidos em formas metálicas ou de madeira com dimensões variadas podendo ser especificamente projetados para cada obra, de acordo com o porte da mesma. A própria forma serve como molde do painel, imprimindo relevos e aberturas no mesmo que pode até mesmo ser instalado já com esquadrias e revestimento (pintura, cerâmicas, pedras), conferindo maior produtividade à obra. O importante é que o molde se repita várias vezes ao longo do projeto, pois um grande número de formas pode inviabilizar economicamente uma obra devido ao seu alto custo.

De acordo com (SALES, 2001) podem ser divididos em três tipos básicos: os painéis cortina que têm dimensões maiores e encobrem a estrutura; os de vedação que trabalham basicamente como fechamento e deixam a estrutura aparente e os painéis auto-portantes que além do peso próprio suportam cargas de lajes e painéis superiores.

Durante a fase inicial da pesquisa, foi realizada uma visita à Sociedade São Miguel Arcanjo, na cidade de Barbacena, que foi construída com um sistema de painéis auto-portantes de argamassa armada, desenvolvidos e produzidos no próprio local sob a coordenação do Diretor Presidente da instituição Marco Roberto Bertoli (figura 5.22). Com 7 mil m² de área construída, a obra foi executada em apenas 6 meses e com ótimos resultados de custo. Os pré-moldados para a construção já estavam prontos quando a obra começou e a partir daí foi só concluir a montagem dos edifícios que são todos feitos em sistema de encaixe.



Figura 5.22 – Vista geral da Sociedade São Miguel Arcanjo, Barbacena (MG).

O sistema construtivo é constituído por painéis em concreto com dimensões 100 x 280 x 12 cm, com miolo em isopor, ou oco em algumas situações e malha estrutural. Os painéis são produzidos em formas metálicas com sistema de encaixes macho / fêmea. Pilaretes com o mesmo tipo de encaixe e blocos guia que recebem os painéis no piso completam o sistema. A figura 5.23 mostra as peças do sistema construtivo.



(a)



(b)

**Figura 5.23 – (a) Painéis de argamassa armada com encaixe macho / fêmea.
(b) Pilaretes com encaixe macho / fêmea.**

Os painéis são montados sobre o bloco canaleta com abertura em “U” assentado logo acima da laje de piso, cada painel pesa 4000N e são apenas encaixados sem nenhum tipo de argamassa entre eles, nas arestas e onde haverá encontro de 3 paredes também são colocados pilaretes com o mesmo tipo de encaixe. Na figura 5.24 mostra-se algumas etapas de montagem da obra.