



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

ESCOLAS UTILIZANDO SISTEMA CONSTRUTIVO EM PERFIS DE AÇO FORMADOS A FRIO: CONDICIONANTES DE PROJETO

**Cristiane Lopes Henriques (1); Arlene Maria Sarmanho Freitas (2);
Henor Artur de Souza (2)**

(1) Arquiteta, M.Sc, Construção Metálica/UFOP. e-mail: crishenriquesbh@yahoo.com.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – área de Construção Metálica. Escola de Minas,
Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto, MG, Brasil.
e-mail: arlene@em.ufop.br, henor@em.ufop.br

RESUMO

Proposta: O Brasil apresenta um grande déficit de soluções adequadas a suprir a demanda de unidades escolares de pequeno e médio porte, configurando um panorama de escolas extremamente desatualizadas e ineficientes às atividades a que se destinam. Propõem-se, neste trabalho, condicionantes específicas para o desenvolvimento de projetos de unidades escolares de ensino infantil, fundamental e médio, destinadas à implantação em pequenas cidades, comunidades rurais e ou conjuntos habitacionais. **Método de pesquisa/Abordagens:** Como a abordagem é relacionada a construções estruturadas em aço, as condicionantes desenvolvidas são pensadas de forma a direcionar tanto a concepção do projeto arquitetônico, que neste caso deve se adequar a um elenco de diretrizes específicas da educação, quanto à especificação de um sistema construtivo viável para o tipo de implantação proposto. A aplicação das condicionantes tem o papel de promover um estreito diálogo entre os universos da engenharia e arquitetura de forma a enriquecer e implementar o processo de projeto e a orientar o desenvolvimento simultâneo das devidas especificações e detalhamentos a fim de originar um projeto baseado na construtibilidade. **Resultados:** A racionalização da execução e montagem da obra/estrutura, no intuito de alcançar maior rapidez e qualidade, diminuindo desperdícios e custos. **Contribuições/Originalidade:** O conceito de um sistema construtivo aberto, adaptável às diversas regiões do país por meio de alterações em seus materiais de fechamento e/ou acabamento, utilizando opções alternativas, de fácil obtenção e baixo custo, disponíveis em cada local para adequar o projeto ao clima e realidade social de sua implantação.

Palavras-chave: perfis de aço formados a frio; condicionantes de projeto; unidades escolares; tijolo solo-cimento.

ABSTRACT

Propose: Brazil presents a great deficit of appropriate solutions to supply the demand of school buildings of small and medium load, configuring a panorama of schools extremely deficient and inefficient to the activities the one that is destined. Therefore, to propose specific prerequisites for the development of projects of school units of teaching infantile, fundamental and medium destined the implantation in small cities, rural communities and other habitational groups. **Methods:** The developed prerequisites are thought from way to address the conception of the architectural project so much, as for the specification of a viable constructive system for the implantation type proposed. One of the premises of the work is through the application of the prerequisites, to promote a strait dialogue between the universes of the engineering and form architecture to enrich and to implement the process of the project. **Findings:** Therefore, the premises are destined to guide the simultaneous development of the specifications and the details in order to originate a appropriate project. **Originality/value:** Like this, it is made possible a rationalization of the execution and assembly of the project, reaching larger speed and quality, reducing wastes and costs.

Key-words: project prerequisites, profile formed to cold, school, constructive system, brick soil-cement.

1. INTRODUÇÃO

Diante do grande déficit de escolas no Brasil, sobretudo nas regiões mais carentes, e das constantes mudanças que ocorrem no sistema de ensino, o intuito do presente trabalho é o de propor condicionantes de projeto para o direcionamento de soluções com maior flexibilidade para este tipo de implantação. Tais condicionantes destinam-se especificamente ao desenvolvimento de projetos de unidades escolares de ensino infantil, fundamental e médio para implantação em pequenas cidades, comunidades rurais e ou conjuntos habitacionais. Para tanto, as condicionantes foram pensadas de forma a direcionar tanto a concepção do projeto arquitetônico, quanto de um sistema construtivo viável; orientando o desenvolvimento simultâneo das devidas especificações e detalhamentos a fim de originar um projeto baseado na construtibilidade. Assim, possibilita-se uma racionalização da execução e montagem da obra/estrutura, alcançando maior rapidez e qualidade, diminuindo desperdícios e custos.

O desenvolvimento das condicionantes foi baseado em uma pesquisa que abordou duas vertentes distintas. A primeira, focada em projetos padrão de edifícios escolares desenvolvidos no país e as diretrizes de projeto específicas para este tipo de edificação, visando o desenvolvimento das condicionantes do projeto arquitetônico. A segunda pautada na produção nacional de edifícios de pequeno porte em estrutura metálica, mais especificamente os produzidos em perfis formados a frio com baixos índices de custo, que nortearam as diretrizes do sistema construtivo indicado.

A partir dos dados obtidos nas pesquisas realizadas foi possível gerar um conjunto de condicionantes, por meio das quais desenvolveu-se um projeto modelo, visando verificar a aplicabilidade das mesmas. Neste projeto foram adotadas tanto as condicionantes do projeto e dimensionamento arquitetônico quanto as referentes à modulação, projeto estrutural e sistema de fechamento.

O projeto foi desenvolvido em blocos modulares, conforme orientação das condicionantes, originando uma escola que pode abrigar uma população máxima de 432 alunos de ensino fundamental e ou médio em três turnos e 76 crianças de zero a seis anos em período integral ou 152 em dois turnos. Este tipo de concepção possibilita maior flexibilidade ao projeto que pode ser implantado em diferentes locais e topografias e originar escolas de diferentes tamanhos e complexidade de acordo com o número de blocos utilizados. Em caso de crescimento de demanda, para aumentar a capacidade da escola é possível ampliar o número de salas de aula, a partir da modulação de projeto. Na Tabela 1 mostra-se as áreas isoladas de cada bloco de atividades e as áreas totais da escola completa e sem a unidade de educação infantil.

Tabela 1: Área total da escola

ÁREA TOTAL	
Bloco	Área (m²)
Bloco 01 - Suporte Pedagógico / Administrativo	150,00
Bloco 02 – Ensino e Docência	255,00
Bloco 03 – Ensino e Docência Infantil	230,00
Bloco 04 – Recursos Didáticos	185,00
Bloco 05 – Serviços / Recreação	250,00
Área Total Escola Completa	1.070,00
Área Total sem Ensino Infantil	840,00

2. OBJETIVO

O objetivo das condicionantes propostas neste trabalho é orientar o desenvolvimento de solução típica (genérica), que a partir dos princípios da repetição dos elementos e sistema construtivo e da própria arquitetura, contribua para a racionalização dos processos de implantação e construção, aumentando o nível de qualidade e mantendo baixos índices de custo. Além disso, a mesma deve ser compatível com

implantações diversas, seja em diferentes municípios, estados, climas ou topografias. Portanto, apesar de ser concebido dentro dos preceitos da padronização o projeto deve possuir um grau de flexibilidade que possibilite implantações em terrenos variados.

3. METODOLOGIA

3.1 Sistema construtivo

O desenvolvimento do sistema construtivo proposto nas condicionantes e adotado no projeto modelo é fonte de uma pesquisa realizada sobre edifícios de pequeno porte em estrutura metálica, mais especificamente os produzidos em perfis formados a frio com baixos índices de custo. A opção por este tipo de solução tem como objetivo a aplicação de princípios de industrialização e racionalização na execução das obras, buscando torná-las mais produtivas e com maior qualidade final, diminuindo custos e desperdícios. Julga-se válida a implantação deste conceito construtivo nas regiões às quais se destinam as implantações das escolas no intuito de iniciar a disseminação destes conceitos e técnicas, que vêm se consolidando a cada dia no mercado nacional, mesmo em locais onde ainda não se tem acesso ao processo industrial em sua totalidade. Além do que, inúmeras experiências realizadas na construção de casas populares, mostram a eficiência da utilização deste sistema no mesmo tipo de implantação e inclusive em experiências de auto-construção.

Algumas premissas nortearam as condicionantes de projeto no que se diz respeito às tomadas de decisão referentes ao sistema construtivo a ser adotado:

- a) O projeto deverá ser modulado e utilizar o máximo de componentes padronizados.
- b) O sistema de montagem deve gerar uma obra de fácil e rápida execução.
- c) O sistema construtivo deve obter baixos índices de custo e ser compatível com sistema de autoconstrução.
- d) Deve-se gerar um sistema construtivo aberto, permitindo a adoção de diferentes materiais e acabamentos de acordo com a região de implantação da obra (PROJETO HABITAR, 2005).
- e) Deve-se buscar eliminar ao máximo as etapas de execução que utilizem via úmida buscando a produção de uma obra “seca” com bons níveis de racionalização.

O sistema estrutural proposto adota perfis de chapa dobrada em aço, buscando um nível mínimo de industrialização e rapidez de montagem. As dimensões dos perfis e a forma de sua seção transversal foram definidas a partir de uma tipologia usual da construção metálica e da disponibilidade no mercado. Ressalta-se ainda que esta tipologia não deve ser muito variada em seções de modo a facilitar questões como, por exemplo, o entendimento da montagem. A utilização de aço anti-corrosivo diminui a necessidade de manutenção constante e a incidência de patologias.

Foi adotado o sistema de ligação parafusado devido à facilidade e rapidez que confere à montagem da estrutura. As peças chegam prontas e com os devidos furos ao canteiro de obras e com a utilização de ferramentas simples são rapidamente montadas por uma equipe reduzida. Dentro do princípio da padronização a diversidade das tipologias das seções transversais foi minimizada e adotou-se formas típicas do mercado como as seções U enrijecido, U simples e Zeta (Figura 1). A formação de perfis compostos (Figura 1) facilitou a aplicação nas situações de níveis de maior carregamento, ou ainda na otimização do processo construtivo (facilidade de montagem e encaixes).

A estrutura e a modulação definidas pelas condicionantes de projeto do sistema construtivo foram pensadas de forma a configurar um sistema construtivo aberto, podendo adotar variados materiais no fechamento externo e interno, de acordo com a facilidade de obtenção dos mesmos nos locais de implantação da escola (PROJETO HABITAR, 2005).

Na configuração final do sistema construtivo proposto, optou-se pela utilização do tijolo modular, encaixável de solo-cimento como alternativa de material de fechamento (CASANOVA, 2004; SAHARA, 2005). Esta escolha deve-se as inúmeras vantagens apresentadas por este material, de acordo com o perfil do projeto desenvolvido, em relação aos demais pesquisados. Dentre estas vantagens, a de maior peso, é o fato do mesmo poder ser produzido, a princípio, em qualquer local já que sua principal matéria prima é o próprio solo (PROJETO HABITAR, 2005).

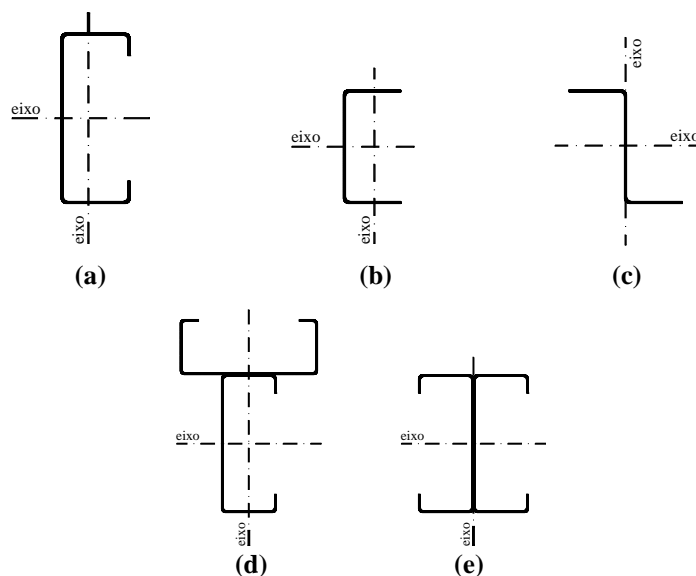


Figura 1 – Seções transversais usuais e exemplos de composição de perfis: (a) Perfil “U” enrijecido; (b) U simples; (c) Zeta; (d) Perfil de canto; (e) Perfil central. Fonte: HENRIQUES, 2005.

Outra vantagem, do tijolo solo-cimento, é que como possuem um sistema de encaixe, os tijolos dispensam argamassa de assentamento, podendo, a vedação das juntas, ser feita apenas por meio de aplicação de cola à base de PVC, o que confere muito mais rapidez à obra eliminando a produção e utilização de argamassa. Os furos de grandes dimensões contribuem para otimizar o desempenho termo-acústico do tijolo, conferindo-lhe grande inércia térmica e fazendo com que seja adequado para a utilização em locais com climas bastante distintos. Os furos são também grandes facilitadores na execução das instalações elétrica e hidráulica, que são feitas no interior dos mesmos de forma muito mais limpa e racional. O fechamento é apenas encaixado nos perfis, trabalhando como alvenaria desvinculada no intuito de diminuir patologias originadas pelo movimento diferenciado da estrutura com o fechamento (Figura 2).

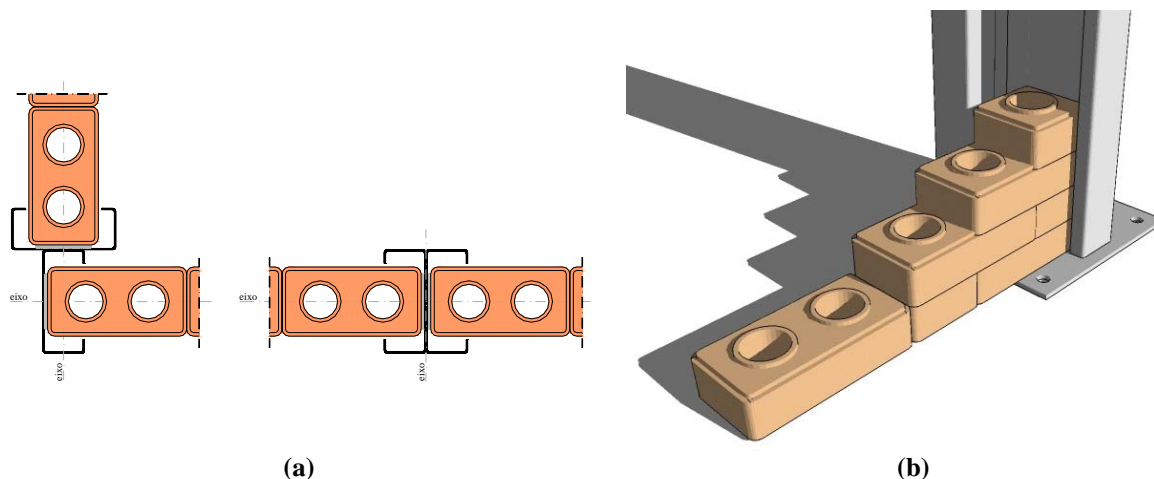


Figura 2 –(a) Encaixes do tijolo de solo-cimento e as colunas guia metálicas. (b) Perspectiva do encaixe sistema de fechamento / estrutura. Fonte: HENRIQUES, 2005.

Para a definição da melhor modulação a ser adotada, tomou-se como ponto de partida para a escolha de um módulo básico, a otimização de aproveitamento das peças metálicas que devem compor a estrutura e sua interação como os possíveis materiais de fechamento e demais componentes construtivos. Tais questões técnicas foram intercaladas com o dimensionamento ideal da sala de aula, já que a mesma foi definida como célula básica de repetição para os projetos. Portanto, além da modulação definida, pode-se adotar como conceito a repetição do “Módulo Sala de Aula”, tanto em termos de malha, quanto de volumetria e demais especificações e detalhamentos, na busca de soluções simplificadas e de fácil execução (Figura 3).

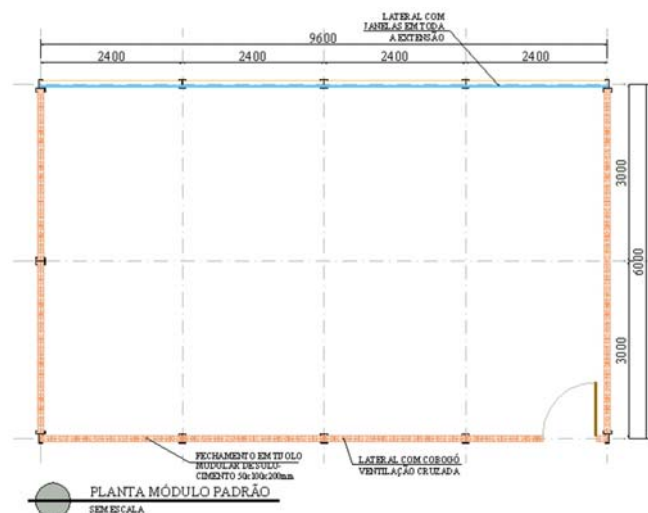


Figura 3 – Configuração da malha modulada e do “Módulo Sala de Aula”. Fonte: HENRIQUES, 2005.

3.2 Projeto Arquitetônico

De acordo com as condicionantes de projeto arquitetônico, foi adotado um programa setorizado em blocos (Tabela 1) conferindo maior flexibilidade ao projeto e possibilitando diferentes configurações de implantação. Assim, os blocos podem ser articulados de acordo com cada terreno e demanda, gerando modelos em que são interligados por passarelas, com pátio central, acoplados em volume único para terrenos mais compactos e até mesmo com a não utilização de algum dos blocos em situações mais simplificadas ou adaptação dos mesmos como acréscimo de escolas existentes. A utilização de princípios como circulações avarandadas e pátio interno, são recursos que além de sombrearem os ambientes criam percursos e áreas de convívio mais agradáveis em todo o edifício.

Em cada implantação, o estudo preliminar deve ser desenvolvido e adaptado de acordo com a área geográfica onde a escola deverá ser construída, observando também questões como a orientação dos ventos dominantes e insolação, de forma a otimizar o desempenho térmico do ambiente.

A concepção e desenvolvimento do partido arquitetônico foi desenvolvida paralelamente à definição e especificação do sistema construtivo a ser adotado. O desenvolvimento simultâneo de ambas as etapas é fundamental, sobretudo quando se pensa em processos com um mínimo nível de industrialização empregado, buscando racionalizar o processo construtivo. Já que esta etapa, de tomada de decisões, representa mais de 70 % dos custos do empreendimento (CAMBIAGHI, 1997). Além disso, o sistema construtivo a ser adotado tem influência direta nas definições do dimensionamento, da malha de modulação e outras soluções arquitetônicas que exijam detalhamentos específicos.

Uma das preocupações foi propor um programa básico, adequado aos moldes educacionais vigentes e um dimensionamento adequado à escala dos usuários e aos locais onde as escolas serão implantadas, preferencialmente pequenas comunidades e ou conjuntos habitacionais de grandes centros. Para este tipo de implantação e o caráter de baixo custo que se pretende alcançar, é fundamental que o edifício não seja superdimensionado e sim tenha ambientes eficazes às atividades a que se destinam e aconchegantes.

De acordo com o manual do FUNDESCOLA (2000) “Durante longo tempo julgou-se que quanto maior o tamanho da escola, maior deveria ser sua eficácia pedagógica e financeira, por se reunirem condições de oferecer mais e melhores serviços educacionais com custos, por aluno, relativamente menores. Mas, a partir da década de 80, verifica-se, em vários países, um forte processo de reversão desse ideário. Diversas pesquisas tendem a mostrar que escolas menores obtêm melhores resultados curriculares, maior frequência dos alunos, menores taxas de evasão e de repetência, dentre outras ‘vantagens’ para as escolas de menor porte”.

Uma demanda recentemente incorporada ao programa dos edifícios escolares é a implantação de espaços destinados ao ensino infantil, incluindo desde berçários até salas para crianças de 6 anos. Estes

espaços possuem exigências especiais como sanitários com escala própria, fraldário, lactário, brinquedoteca, entre outros, devendo ser pensados desde a concepção do projeto. É importante que a inserção deste conjunto no projeto se faça de forma planejada, possibilitando que o mesmo possua área de lazer e acesso independentes do restante da escola, visando um maior controle do contato entre as crianças menores e as demais. Pensando em um programa compatível com a demanda de ensino atual, além do ensino infantil, espaços como laboratórios de ciências, informática e línguas foram contemplados no programa proposto, configurando-se em 5 blocos como mostrado nas figuras 4 a 8.



Figura 4 - Bloco 01 - Suporte Pedagógico/Administrativo, 150 m². Fonte: HENRIQUES, 2005.



Figura 5 - Bloco 02 – Ensino docência, 255 m². Fonte: HENRIQUES, 2005.

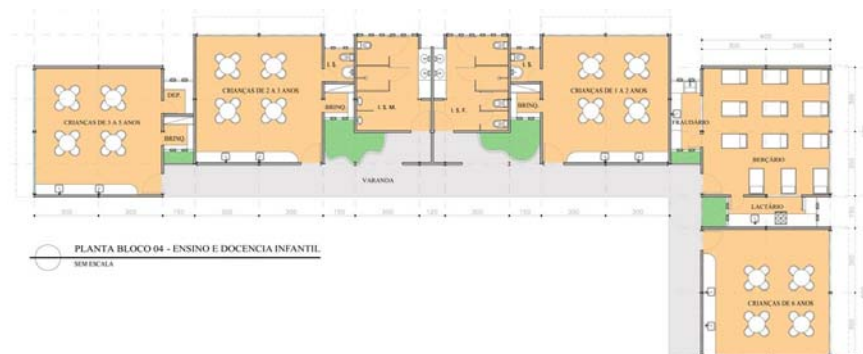


Figura 6 - Bloco 03 – Ensino docência infantil, 230 m². Fonte: HENRIQUES, 2005.



Figura 7 - Bloco 04 – Recursos didáticos, 185 m². Fonte: HENRIQUES, 2005.

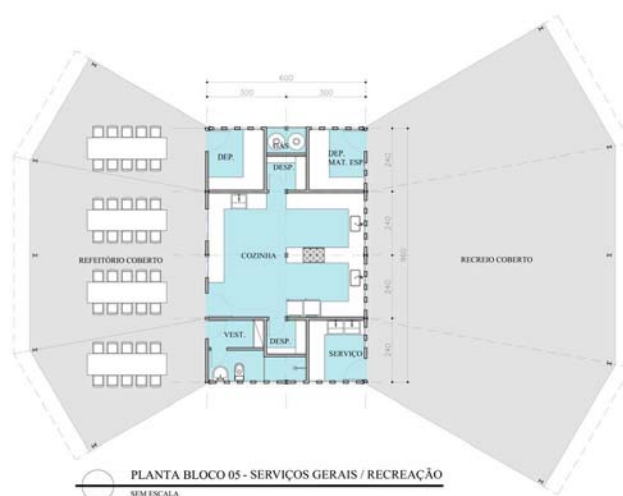


Figura 8 - Bloco 05 – Serviço/recreação, 250 m². Fonte: HENRIQUES, 2005.

Apesar deste conjunto de ambientes configurar um programa mínimo necessário ao bom desempenho da escola e seu sistema de ensino, sabe-se que o Brasil é um país de realidades sócio-culturais e econômicas extremas. Falar em laboratório de línguas em locais onde a escola se resume a uma única sala de aula sem nem mesmo sanitário, sem dúvida pode parecer inviável. Pensando nisso, é desejável que além da concepção do projeto em blocos, cada um deles seja desenvolvido de forma que possa ter total autonomia, possibilitando a utilização independente dos mesmos em situações mais simplificadas, que possam se complementar em etapas futuras. Para ser compatível com este tipo de situação extrema, é desejável que se pense, dentro da configuração dos blocos do programa arquitetônico, em um bloco que possa ser adaptado a estas situações em que se tem até menos de quatro salas de aula, porém com o mínimo de salubridade e funcionalidade desejável para o desenvolvimento das atividades de ensino. Na figura 9 mostra-se uma adaptação do Bloco 01 – Ensino Docência para ser implantado como uma pequena escola com 2 salas de aula, sanitários, administração e salas de leitura e informática, que pode ser ampliada futuramente.

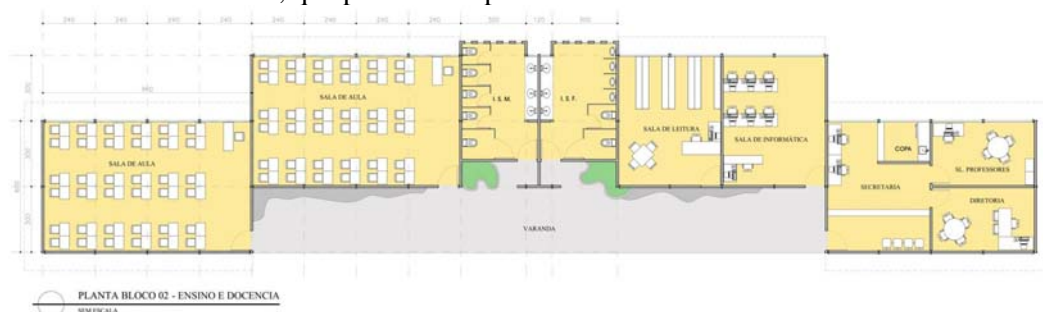


Figura 9 – Adaptação do Bloco 01 – Ensino docência para configuração de 2 salas de aula. Fonte: HENRIQUES, 2005.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Por meio das condicionantes de projeto arquitetônico e sistema estrutural propostas é possível um direcionamento de ações buscando orientar soluções que apesar de padronizadas, obtenham um bom nível de flexibilidade.

As orientações referentes à concepção arquitetônica priorizam projetos que assumam variadas configurações tornando-se alternativas viáveis para diversas implantações e atendendo a diferentes demandas. Com isso, busca-se um nível de padronização satisfatório para conferir racionalização ao processo e flexibilidade na configuração de diversas possibilidades de implantação. Nas figuras 10 a 13 mostram-se algumas possibilidades de implantação do projeto desenvolvido.



Figura 10 – Possibilidades de implantação do projeto proposto. Fonte: HENRIQUES, 2005.



Figura 11 – Possibilidades de implantação do projeto proposto. Fonte: HENRIQUES, 2005.



Figura 12 – Possibilidades de implantação do projeto proposto. Fonte: HENRIQUES, 2005.



Figura 13 – Possibilidades de implantação do projeto proposto. Fonte: HENRIQUES, 2005.

A aplicabilidade do projeto em situações reais foi comprovada com a simulação de implantação do mesmo em um conjunto habitacional, com terreno razoavelmente acidentado. O empreendimento escolhido foi o Conjunto Habitacional do Bairro Jaqueline, localizado em Belo Horizonte que está em fase final de execução das obras. O projeto foi desenvolvido pela empresa Loci Arquitetos Associados e está sendo executado pela Prefeitura Municipal. Na figura 14 mostra-se a implantação proposta para uma escola completa, com os 5 blocos desenvolvidos e uma área total de 1.070,00 m².

Já as condicionantes referentes ao sistema construtivo, que se basearam em uma solução consolidada no mercado como o projeto USITETO das Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A (USIMINAS, 2005), possibilitam o desenvolvimento de um projeto estrutural simplificado, com detalhamento e montagem racionalizados e número reduzido de peças e respectivas seções transversais.



Figura 14 – Simulação de implantação do projeto no Conjunto Habitacional Jaqueline em Belo Horizonte.
Fonte: HENRIQUES, 2005.

A utilização de estrutura de baixo peso facilita questões como transporte e montagem da estrutura, o que é um facilitador do sistema construtivo. Além disso, a utilização de ligações parafusadas também facilita a montagem na qual são utilizadas ferramentas simples e de fácil manuseio sem necessidade de mão-de-obra especializada. Assim, o uso deste tipo de ligação introduz maior racionalização à construção e rapidez de execução, o que credencia sua utilização em sistemas de auto-construção /construção assistida.

A adoção do tijolo de solo-cimento, como sugestão principal de material de fechamento, além auxiliar a diminuição de custos com a fabricação dos mesmos no canteiro de obras, confere maior racionalidade à obra, eliminando grande parte das etapas de via úmida na execução.

A combinação da estrutura e o sistema de fechamento propostos, gera um sistema construtivo de fácil manutenção, principalmente com a utilização de aço anti-corrosivo, o que diminui as patologias na estrutura que fica automaticamente protegida. As possibilidades de reformas e ampliações também são facilitadas, não só pela estrutura que aceita facilmente acréscimos devido à configuração dos perfis, mas também pelo tijolo que por ser modular e não utilizar argamassa de assentamento facilita a adesão de novos panos de alvenaria sem gerar patologias.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMBIAGHI, H. Projeto frente às novas tecnologias, 1997. Disponível em <www.asbea.org.br/midia/artigos/cambiaghi/projtech>.
- CASANOVA, F. J. Alvenaria de Solo-Cimento. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 85, 2004.
- FUNDO DE FORTALECIMENTO DA ESCOLA-FUNDESCOLA. (2000). **Tamanho da Escola, Ambientes Escolares e Qualidade de Ensino**. p. 22. Brasília. FUNDESCOLA.
- HABITAR Sistemas Construtivos, 2005 Disponível em: <www.arquitetura.ufmg.br/habitar>.
- HENRIQUES, C. L. **Condicionantes de projeto para unidades escolares de pequeno e médio porte utilizando sistema construtivo em perfis formados a frio**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Construção Metálica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.
- SAHARA. **Sistema Construtivo Modular**. 2005. Disponível em: <www.sahara.com.br>.
- USIMINAS. **Solução USIMINAS para Habitação Popular**. 2005. Disponível em: <www.usiminas.com.br>.