



O ENSINO DE PROJETO CONSIDERANDO-SE A METODOLOGIA AXIOMÁTICA PARA A INTEGRAÇÃO DE CONFORTO AMBIENTAL

Valéria A. C. da Graça(1); José F. Buda (2); João R.D. Petreche (3)

(1e 2) Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo, R. Leonardo da Vinci, 230
CEP06710-667 telefone (011) 4612-8673, fax (11) 4617-4862. e-mail: valeria_collet@uol.com.br
(3) Dep.de Engenharia de Construção Civil - Escola Politécnica da USP. Av. Prof. Almeida Prado,
270 - Trav.2 - Cidade Universitária - São Paulo – SP. CEP 05508-900

RESUMO

Este trabalho apresenta uma experiência de ensino no curso de Tecnologia de Planejamento e Gestão de Empreendimentos na Construção Civil, na disciplina de Projeto de Construção Civil 2, ministrada no CEFET-SP. O objetivo desta disciplina é de que o aluno possa identificar soluções de projeto para o conforto térmico, para o conforto luminoso, para o conforto acústico, para o conforto funcional, para a estrutura, para hidráulica e elétrica, de modo a considerar o gerenciamento de informações dos diversos campos de estudo e dos profissionais envolvidos. Para tal, a classe foi dividida em cinco grupos (térmico, luminoso, acústico, funcional e estrutura, hidráulica e elétrica) e elaborou um único projeto considerando a metodologia de projeto axiomático. Os resultados se mostraram interessantes uma vez que despertou nos alunos a importância do conforto ambiental e do gerenciamento de equipes.

ABSTRACT

This work presents an experience of education in the course of Technology of Planning and Management of Enterprises in the Civil Construction, in discipline of Project of Civil Construction 2, given in the CEFET-SP. The objectives of this discipline are that the student can identify design solutions for thermal, luminous, acoustic and functional comfort even solutions for the structure, electric and hydraulic, in order to consider the management of information of the diverse fields of study and the involved professionals. For such, the classroom was divided in five groups (thermal, luminous, acoustic, functional and structure, electric hydraulic) and elaborated one project considering the methodology of axiomatic design. The results were interesting because showed to students the importance of the environmental comfort and the management of teams.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de projeto pode ser feito de diversas maneiras que podem depender dos objetivos da profissão a que se destina e da metodologia que se considera apropriada para se atingi-los. No curso de Tecnologia, ministrado no CEFET-SP, na disciplina de projeto, tem-se como objetivo que o aluno possa atuar na área da construção civil de modo a gerenciar informações de diversos profissionais da área. Para tal, considera-se importante que ele possua uma visão geral dos assuntos, isto é, ele não será um projetista mas terá que conhecer as interferências que podem ocorrer entre os diferentes tipos de projeto (arquitetônico e projetos complementares).

A dificuldade em enquadrar o processo de projeto em metodologias é grande uma vez que o ato projetivo envolve o conhecimento de várias áreas. O seu produto final está fundamentado na síntese e na inter-relação destes conhecimentos, onde decisões tomadas em um nível afetam todos os outros (Kowaltowski, 1992; Jutla, 1996).

O projeto é diferente e não deve ser confundido com arte, ciência, engenharia ou matemática que possuem um campo de conhecimento específico, distinto. Por exemplo em arquitetura, o projeto de um edifício envolve o conhecimento da área de engenharia estrutural, mecânica, elétrica, hidráulica, os confortos térmico, acústico, funcional e luminoso. Também tem o envolvimento de estética que inclui fatores tais como volume, forma, material e cor entre outras áreas. No entanto, projeto e ciência são similares em suas metodologias: ambos começam identificando um problema dentro de certos limites (Jutla,1996).

Pode-se dizer que a principal diferença entre projeto e ciência seja a necessidade de aprovação do trabalho do projetista por parte dos leigos. Essa diferença leva a uma série de conseqüências que envolvem principalmente o tipo de problema e a educação para a formação de cientistas e projetistas (conforme Kuhn (1962), a respeito das diferenças entre a área científica e as áreas relacionadas à filosofia, a ciências sociais e à arte):

- a) O estudo nas áreas científicas é realizado principalmente através de princípios que substituem sistematicamente a literatura científica da qual derivam. Assim, o cientista é direcionado na escolha de problemas e na forma de sua solução. Na área de projeto, o estudo se faz através de leituras paralelas, algumas sobre os clássicos da área, algumas sobre assuntos relevantes em outras áreas (psicologia, arte, ciências sociais), outras relacionadas a relatórios recentes de pesquisa, além do uso de alguns manuais. Disto resulta o conhecimento de uma variedade imensa de problemas e do conhecimento de numerosas soluções que podem ser conflitantes e incomensuráveis.
- b) O cientista trabalha geralmente para uma audiência que partilha de seus valores e crenças, podendo pressupor um conjunto específico de critérios. Poderá desta maneira, resolver um problema e passar para outro mais rapidamente que o projetista que trabalha para um grupo heterodoxo
- c) O cientista não é obrigado a escolher um problema que necessite de uma solução urgente ou a escolher um problema sem considerar os instrumentos disponíveis para resolvê-lo. O projetista tende a defender sua escolha de um objeto de pesquisa principalmente em termos da importância social de uma solução.

A discussão sobre a consideração do projeto como uma área científica não é o escopo desta pesquisa. Porém estas diferenças são importantes para se compreender o contexto geral em que se insere o ato projetivo e principalmente para ressaltar a importância de racionalizar o processo de informação de projetos através do desenvolvimento metodológico e de princípios de projeto.

A intenção de se utilizar a metodologia de projeto axiomático é justamente demonstrar a vantagem desta quanto à racionalização da informação. A divisão da classe em cinco grupo tem como intenção primeiro a compreensão genérica dos diversos campos de estudo que afetam a construção civil e segundo a compressão das dificuldades de trabalho entre equipes.

2. A METODOLOGIA AXIOMÁTICA CONTEÚDO

A proposição básica da abordagem axiomática é que existe um conjunto fundamental de princípios que determinam uma boa prática de projeto, e que esta só pode ser refutada através de contraexemplos que provem a falsidade dos axiomas. Os axiomas são declarações formais do que as pessoas sabem ou do conhecimento do que as pessoas fazem ou usam diariamente. Assim, o estabelecimento dos dois axiomas de projeto surgiram da análise e da busca pelos elementos comuns de uma série de projetos.

Segundo esta metodologia, o projeto se constitui em quatro aspectos principais: a definição do problema com a declaração coerente da questão, o processo criativo com a incorporação física de soluções, o processo analítico que determina se a solução é racional ou correta e uma checagem final da fidelidade do produto de projeto às necessidades originais (Suh,1990).A definição do problema e o processo criativo são altamente subjetivos. Diferentes projetistas definem de modo peculiar o conjunto de requisitos e desenvolvem diferentes soluções para os mesmos requisitos. Este fato pode ser associado a diferentes paradigmas existentes na maneira de visualizar e desenvolver o mesmo problema. Por outro lado, o processo analítico é determinístico e baseado em um conjunto finito de princípios; neste processo foi inserida a base científica para o projeto. Após a definição do problema, os processos criativo e analítico são desenvolvidos em conjunto uma vez que, é necessário abandonar ou descartar uma idéia ruim rapidamente para permitir que o projetista crie outras idéias. Neste sentido, os axiomas de projeto, que são os princípios básicos para a análise e tomada de decisão,

ajudam o processo criativo. Na ausência de princípios básicos ou axiomas, o processo analítico fica inoperante e o projeto passa a ser tratado mais como um processo criativo misterioso do que como uma atividade sistemática ou racional.

O projeto é considerado como um processo iterativo de hierarquização, realizado através do mapeamento entre os requisitos funcionais, que pertencem ao domínio funcional, e os parâmetros de projeto, que pertencem ao domínio físico. Esta hierarquia que compõe o projeto é semelhante à encontrada na organização dos padrões de Alexander (1977) e o direcionamento desta hierarquização é um dos principais temas desenvolvidos pela abordagem axiomática.

Reconhece-se que os requisitos funcionais e os parâmetros de projeto podem ser decompostos de maneira hierárquica, iniciando-se com níveis genéricos de decisão em direção ao seu detalhamento, o que reduz a complexidade do processo pois, o projetista limita suas decisões a um número reduzido de requisitos funcionais por vez.

A decomposição dos requisitos funcionais é feita passo a passo, isto é, ao definir o requisito funcional (RF) em um determinado nível hierárquico, este só poderá ser decomposto quando for encontrada uma solução, um parâmetro de projeto (PP), que o satisfaça. Utilizando-se as denominações da metodologia de projeto axiomático diz-se que, o trabalho do projetista consiste em definir e decompor RFs e PPs de um dado nível hierárquico, “zigzagueando” (de maneira iterativa) entre os domínios funcionais e físico, conforme se verifica na figura 1.

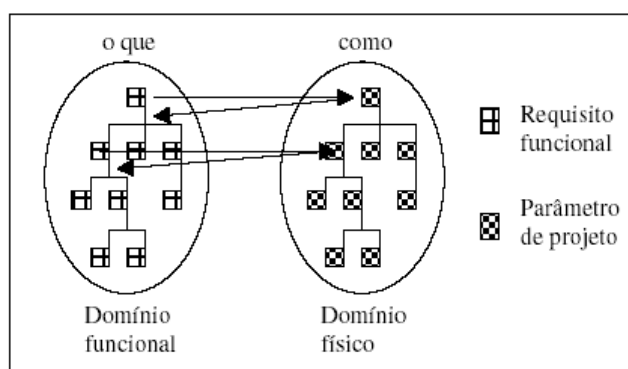


Fig. 1 Processo de projeto axiomático

Este processo de decisão baseado no mapeamento entre requisitos funcionais e parâmetros de projeto e na hierarquização é direcionado por dois axiomas. O primeiro trata da relação entre os requisitos funcionais e os parâmetros de projeto indicando como decompô-los, o segundo trata da avaliação e complexidade de projetos. Estes axiomas podem ser declarados de diversas maneiras:

Axioma 1: Mantenha a independência entre requisitos funcionais ou, Em um projeto aceitável, a relação entre RF e PP deve permitir que o ajuste em um determinado PP para satisfazer o seu RF correspondente não afete outros requisitos funcionais.

Axioma 2: Minimize o conteúdo da informação ou, O melhor projeto possui funções desacopladas (respeita o axioma 1) e o menor conteúdo de informação.

Nota-se que a utilização do primeiro axioma (o da independência) permite a racionalização do processo de projeto e a representação das decisões efetuadas que são informações importantes para os alunos. Já o segundo axioma (o da informação) permite um critério de escolha entre os diversos projetos que obedecem ao primeiro axioma e também racionaliza o projeto uma vez que o critério de avaliação permeia todo o processo de projeto.

O projeto definido como um processo de mapeamento entre os requisitos funcionais e parâmetros de projeto pode ser representado pela equação 1 ou 2, onde o vetor {RF} representa o conjunto de requisitos funcionais composto por m componentes, o vetor {PP} o conjunto de parâmetros de projeto composto por n componentes e [A] a matriz de projeto que indica os relacionamentos existentes entre os RFs e PPs e caracteriza o projeto em relação ao axioma da independência.

$$\{RF\} = [A] \{PP\} \text{ ou } RF_i = \sum A_{ij} PP_j \quad [eq. 1]$$

$$\begin{Bmatrix} \text{RF}_1 \\ \text{RF}_2 \\ \vdots \\ \text{RF}_m \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \dots & A_{mn} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \text{PP}_1 \\ \text{PP}_2 \\ \vdots \\ \text{PP}_n \end{Bmatrix} \quad \begin{aligned} \text{RF}_1 &= A_{11}\text{PP}_1 + A_{12}\text{PP}_2 + \dots + A_{1n}\text{PP}_n \\ \text{RF}_2 &= A_{21}\text{PP}_1 + A_{22}\text{PP}_2 + \dots + A_{2n}\text{PP}_n \\ &\vdots \\ \text{RF}_m &= A_{m1}\text{PP}_1 + A_{m2}\text{PP}_2 + \dots + A_{mn}\text{PP}_n \end{aligned} \quad [\text{Eq } 2]$$

Os elementos da matriz podem ser representados pelo valor zero quando não existe nenhuma relação entre o requisito funcional m e o parâmetro n ou por outro valor quando existe essa relação. O projeto pode assumir três possibilidades : desacoplado, acoplado ou desacoplável.

O projeto desacoplado possui os elementos da diagonal da matriz com valores grandes, o que indica uma relação forte com os parâmetros correspondentes e todos os outros elementos com valores iguais ou próximos a zero como se verifica na figura 2. Observa-se pela figura 2. que o projeto do tipo desacoplado satisfaz o axioma da independência uma vez que a independência entre RFs se mantém quando cada parâmetro muda. Isto é, o RF1 pode ser realizado mudando-se o PP1 sem alterar o RF2.

$$\begin{Bmatrix} \text{RF}_1 \\ \text{RF}_2 \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \text{DP}_1 \\ \text{DP}_2 \end{Bmatrix} \quad \begin{aligned} \text{RF}_1 &= a\text{PP}_1 \\ \text{RF}_2 &= b\text{PP}_2 \end{aligned}$$

Fig. 2. Exemplo de projeto desacoplado

Para facilitar a representação do projeto, a metodologia utiliza o diagrama de junção modular, que representa as junções dos módulos terminais de cada nível hierárquico, e o diagrama de fluxo, que representa a seqüência de desenvolvimento dos módulos de projeto, visualizados na figura 3. Os módulos representam a relação existente entre os parâmetros de projeto e os respectivos requisitos funcionais em um determinado nível hierárquico; correspondem, portanto, à linha da matriz de cada requisito funcional. São considerados terminais quando não necessitam de uma maior decomposição.



Diagrama de junção modular. No caso do projeto desacoplado a junção é feita pela soma dos módulos

Diagrama de fluxo. No caso do projeto desacoplado os módulos podem ser desenvolvidos em paralelo.

Fig. 3 Diagrama de junção e de fluxo do projeto desacoplado

Na prática de projetos arquitetônicos, um parâmetro de projeto pode se relacionar ou influenciar diversos requisitos. O que se faz necessário é verificar o grau desta influencia ou desta relação. No projeto desacoplado cada requisito funcional terá apenas um parâmetro “controlador” definido com uma relação forte e poderá ter outros com um grau de relacionamento muito fraco (próximo a zero) de maneira que a alteração destes parâmetros mantenha o requisito dentro da tolerância especificada. O projeto do tipo acoplado possui todos os elementos da matriz com valores grandes, o que indica a existência de relação forte entre todos os parâmetros e requisitos como se verifica na figura 4.

$$\begin{Bmatrix} \text{RF}_1 \\ \text{RF}_2 \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \text{PP}_1 \\ \text{PP}_2 \end{Bmatrix} \quad \begin{aligned} \text{RF}_1 &= a\text{PP}_1 + b\text{PP}_2 \\ \text{RF}_2 &= c\text{PP}_1 + d\text{PP}_2 \end{aligned}$$

Fig. 4 Exemplo de projeto acoplado

Observa-se pela figura 4 que o projeto do tipo acoplado viola o axioma da independência uma vez que alterando-se qualquer parâmetro de projeto modificam-se todos os requisitos funcionais, de tal maneira que esta alteração viole a tolerância especificada para os requisitos. Finalmente o projeto do tipo desacoplável possui os elementos da matriz localizados na diagonal e os elementos situados acima ou abaixo da diagonal com valores diferentes de zero, ou seja a matriz é triangular como se verifica na figura 5.

$$\begin{Bmatrix} \text{RF1} \\ \text{RF2} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \text{PP1} \\ \text{PP2} \end{Bmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{RF1} = a\text{PP1} \\ \text{RF2} = b\text{PP1} + c\text{PP2} \end{array}$$

Fig. 5 Exemplo de projeto desacoplável

Observa-se pela figura 5 que o projeto do tipo desacoplável respeita o axioma da independência, desde que os ajustes sejam controlados por uma seqüência. Neste exemplo primeiro define-se o RF1 através do PP1 e depois o RF2 modificando-se apenas o PP2 o que não interfere com o RF1. Esta seqüência pode ser representada considerando-se os módulos terminais de projeto representados no diagrama de junção modular e o diagrama de fluxo, visualizados na figura 6.

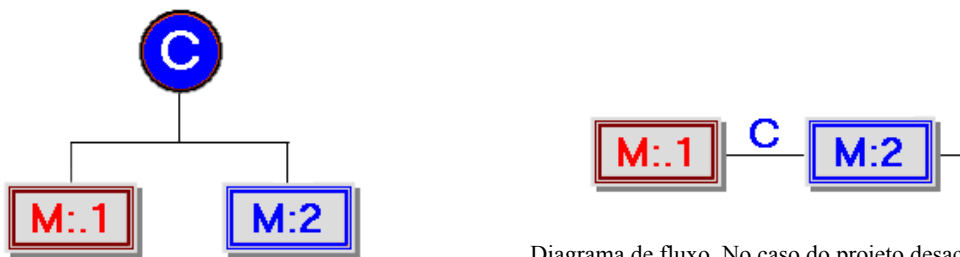


Diagrama de junção modular. No caso do projeto desacoplável a junção é feita pela combinação dos módulos.

Diagrama de fluxo. No caso do projeto desacoplável os módulos são desenvolvidos considerando-se uma seqüência: Primeiro o Módulo 1 depois o Módulo 2.

Fig. 6 Diagrama de junção e de fluxo do projeto desacoplável

No projeto desacoplável um determinado requisito funcional poderá possuir diversos parâmetros com relacionamento forte e pelo menos um parâmetro “controlador” que permita o ajuste do requisito funcional correspondente dentro dos limites especificados. Este parâmetro controlador será o último a ser especificado, uma vez que o requisito funcional correspondente pode sofrer influência de outros parâmetros; e que o controle só será efetivo quando os outros parâmetros associados já estejam definidos e não se modifiquem mais.

O axioma da independência racionaliza o projeto, uma vez que o projetista passa a identificar e representar a relação existente entre o requisito funcional e o parâmetro de projeto. Este processo representado através da hierarquização dos domínios funcional e físico permite ao projetista identificar qual decisão está tomando e qual a consequência desta decisão para o projeto como um todo. Além disso, também permite o reconhecimento e elaboração de seqüência de atividades do projeto o que possibilita o gerenciamento das informações e a interação de equipes de trabalho, objetivos presentes na disciplina de projeto do curso de Tecnologia.

O axioma da informação se relaciona a quantidade de informação gerada para se produzir o produto. No caso do projeto arquitetônico geralmente as informações para a construção de um edifício se referem à desenhos e memoriais descritivos. Pode-se dizer que um projeto demasiadamente restritivo em termos de sua implementação irá gerar maior informação uma vez que a tolerância pequena estipulada pelo projetista para satisfazer um RF pode gerar uma incorporação física (PP) única que precise de um grande detalhamento (informação) para ser confeccionado, isto geralmente é acompanhado de um maior custo financeiro. Se é possível solucionar este mesmo RF com menor informação, este projeto terá maior probabilidade de ser realizado.

Observa-se que o axioma da informação racionaliza o projeto pois alerta o projetista da necessidade de vincular o projeto com a sua implementação. De posse deste axioma o projetista passa a escolher parâmetros que diminuam a complexidade executiva isto é, considerando a tecnologia local alertando ao aluno a importância de se manter atualizado nas soluções técnicas disponíveis.

A metodologia de projeto axiomático supõe que existem diversos parâmetros e variações destes parâmetros físicos (soluções) que podem controlar um requisito funcional. Cabe ao projetista escolhê-los de modo a manter a independência. Assim, ao se deparar com um projeto acoplado, o projetista pode definir (escolher dentro das diversas opções) outros parâmetros de controle do requisito a fim de evitar uma situação de compromisso. Se isso não for possível, o projetista poderá unir as funções e seguir com a hierarquização optando-se por uma solução desacoplável ou desacoplada com o detalhamento do projeto em níveis hierárquicos inferiores. Supondo que realmente não seja possível se evitar uma situação de compromisso para algumas funções, faz-se necessário realizar a otimização destas a fim de encontrar soluções de compromisso em um determinado nível hierárquico, tendo o projetista que optar por um partido para seguir com o projeto através da metodologia axiomática.

3. ESTUDO DE CASO

O projeto desenvolvido na disciplina de projeto 2, no 1º semestre de 2004, teve como tema a Escola Estadual de Ensino Médio e/ou Fundamental pois, existe toda uma documentação padronizada dos ambientes o que facilitaria o desenvolvimento do estudo preliminar, além da facilidade para acesso de modelos de plantas junto à Fundação para o Desenvolvimento Educacional e da possibilidade de visita técnica a escola escolhida. Inicialmente foi explicada a divisão da classe em cinco equipes: funcional, conforto acústico, conforto térmico, conforto luminoso e estrutura, hidráulica e elétrica. Após a divisão, foi fornecido material bibliográfico básico. As atividades propostas foram:

- 1- Desenvolvimento de três estudos preliminares pelo grupo funcional.
- 2- Apresentação parcial de cada estudo preliminar aos demais grupos para que dentro de sua especialidade informassem ao grupo funcional os problemas encontrados.
- 3- Apresentação dos três estudos preliminares indicando os pontos positivos e negativos.
- 4- Escolha de um estudo preliminar para desenvolvimento.
- 5- Formação de matriz de projeto identificando os requisitos funcionais de cada grupo e seus parâmetros de projeto e formulando a seqüência de atividades de cada grupo.
- 6- Apresentação do anteprojeto com as definições de cada equipe. Para o desenvolvimento dos três estudos preliminares, realizado pelo grupo funcional, foi escolhido o programa de projeto e o terreno da Escola Casemiro Poffo em Piratininga. A escolha desta escola se deu por ela já ter passado por uma avaliação em GRAÇA (2002) e por pertencer ao livro “Arquitetura Escolar e Política Educacional: os Programas na Atual Administração” (FDE,1998).

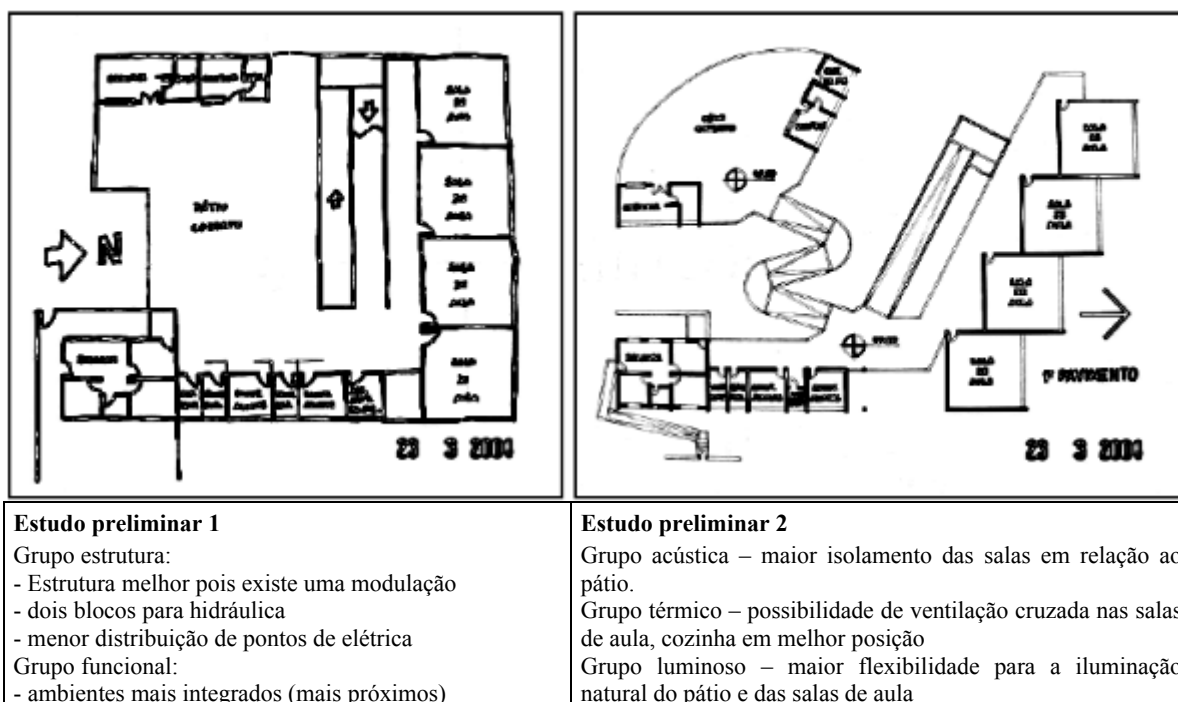


Figura 7- Estudos preliminares que apresentam solução de compromisso.

Com a apresentação dos três estudos por parte de cada um dos grupos foi solicitado aos alunos que fornecessem notas de acordo com o seu campo de estudo. Observou-se que o terceiro projeto obteve notas inferiores nos cinco quesitos sendo descartado de imediato. O primeiro projeto obteve nota maior do grupo funcional e do grupo de estrutura, enquanto o segundo projeto obteve nota superior dos grupos de acústica, térmica e luminoso. A explicação para as notas segue na figura 7

Optou-se por desenvolver o anteprojeto do estudo preliminar 2 pois foi considerado que os ajustes deste estudo seriam menores pelo fato de apresentar três das cinco avaliações melhores que o estudo preliminar 1.

Para o desenvolvimento de anteprojeto cada grupo organizou o mapeamento de sua especialidade isto é, elencaram requisitos funcionais e respectivos parâmetros de projeto controladores (ver tabela 1) e depois foi feita a união das atividade de cada grupo em sala de aula através da matriz de projeto (ver tabela 2).

Tabela 1. Mapeamento do domínio funcional para o domínio físico de cada grupo

Requisitos Funcionais	Parâmetros de Projeto
Equipe de estrutura (hidráulica e elétrica)	
<pre> graph TD RF1[RF1 controle das águas] --> RF1.1[RF1.1 águas pluviais] RF1 --> RF1.2[RF1.2 águas de esgoto] RF1 --> RF1.3[RF1.3 água potável] RF2[RF2 fornecer energia] --> RF2.1[RF2.1 para equipamentos] RF2 --> RF2.2[RF2.2 energia geral] RF3[RF3 estrutura] --> RF3.1[RF3.1 alicerce] RF3 --> RF3.2[RF3.2 sustentação] </pre>	<pre> graph TD PP1[PP1 instalações hidráulicas] --> PP1.1[PP1.1 instalações pluviais] PP1 --> PP1.2[PP1.2 instalações de esgoto] PP1 --> PP1.3[PP1.3 instalações água] PP2[PP2 instalações elétricas] --> PP2.1[PP2.1 locação de tomadas] PP2 --> PP2.2[PP2.2 locação dos quadros] PP3[PP3 projeto de estrutura] --> PP3.1[PP3.1 fundações] PP3 --> PP3.2[PP3.2 sistema estrutura] </pre>
Equipe de funcionalidade	
<pre> graph TD RF4[RF4 funcionalidade] --> RF4.1[RF4.1 circulação de pessoas] RF4 --> RF4.2[RF4.2 ergonomia] </pre>	<pre> graph TD PP4[PP4 anteprojeto] --> PP4.1[PP4.1 acessos] PP4 --> PP4.2[PP4.2 lay-out] </pre>
Equipe de conforto térmico	
<pre> graph TD RF5[RF5 conforto térmico] --> RF5.1[RF5.1 controle radiação direta] RF5 --> RF5.2[RF5.2 controle ganho térmico por parede e laje] RF5 --> RF5.3[RF5.3 controle radiação cobertura] RF5 --> RF5.4[RF5.4 ventilação] RF5.4 --> RF5.4.1[RF5.4.1 quantidade] RF5.4 --> RF5.4.2[RF5.4.2 qualidade] </pre>	<pre> graph TD PP5[PP5 projeto para controle térmico] --> PP5.1[PP5.1 Brise] PP5 --> PP5.2[PP5.2 materiais isolantes] PP5 --> PP5.3[PP5.3 definição da cobertura] PP5 --> PP5.4[PP5.4 janela] PP5.4 --> PP5.4.1[PP5.4.1 tamanho] PP5.4 --> PP5.4.2[PP5.4.2 tipo] </pre>
Equipe de conforto luminoso	
<pre> graph TD RF6[RF6 conforto luminoso] --> RF6.1[RF6.1 iluminação artificial] RF6 --> RF6.2[RF6.2 iluminação natural] </pre>	<pre> graph TD PP6[PP6 projeto iluminação] --> PP6.1[PP6.1 lay-out iluminação] PP6 --> PP6.2[PP6.2 pintura] </pre>
Equipe de conforto acústico	

Tabela 2. Matriz de projeto do primeiro nível hierárquico.

#	Descriptions								
	Functional Requirements				Design Parameters				Leaf
Patent									<input type="checkbox"/>
1	Controle das águas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A
2	Fornecer energia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A
3	Estrutura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A
4	Funcionalidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A
5	Conforto térmico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A
6	Conforto luminoso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A
7	Acústica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A

	DP#1	DP#2	DP#3	DP#4	DP#5	DP#6	DP#7
FR#1	X	0	0	X	0	0	0
FR#2	0	X	0	X	0	X	0
FR#3	0	0	X	X	0	0	0
FR#4	0	0	0	X	0	0	0
FR#5	0	0	0	X	X	0	0
FR#6	0	0	0	X	X	X	0
FR#7	0	0	0	X	X	0	X

Os elementos da matriz representados pelo valor zero indica que não existe nenhuma relação entre o requisito funcional (functional requirements) e o parâmetro (design parameters) correspondente e o representado pelo valor X indica que existe uma relação isto é que o parâmetro influencia de alguma maneira o requisito funcional. (Foi utilizado o software Acclaro desenvolvido por Axiomatic Design Software, disponível em www.axiomaticdesign.com/demo. RF = FR e DP=PP)

Esta matriz inicial pode ser representada, conforme equação 1, da seguinte maneira:

FR1=XPP1+XPP4	FR2 = XPP2+XPP4+XPP6	FR3 = XPP3+XPP4	FR4=XPP4
FR5 = XPP4+XPP5	FR6 = XPP4+XPP5+XPP6	FR7=XPP4+XPP5+XPP7	

(equação do primeiro nível hierárquico)

Figura 8: Equação do primeiro nível hierárquico

Observa-se pela figura 8 e tabela 2 que o parâmetro de projeto 4 influencia todos os requisitos, assim foi o primeiro a ser desenvolvido. Após esta definição, feita pelo grupo funcional, o grupo de estrutura (hidráulica e elétrica) pode desenvolver os requisitos RF1 (controle das águas) e RF3 (estrutura) através do PP1 (instalações hidráulicas) e do PP3 (projeto de estrutura) respectivamente, e o grupo de conforto térmico pode desenvolver o RF5 (conforto térmico) através do PP 5 (projeto térmico). Somente após a definição do PP5, o grupo de conforto luminoso pode desenvolver o RF6 e o grupo de acústica pode desenvolver o RF7. O grupo de estrutura (hidráulica e elétrica) pode desenvolver o RF2 (fornecimento de energia) após as definições do RF6 (conforto luminoso)

O primeiro nível hierárquico indicou a influência ou interferência das definições dos diferentes campos de estudo para cada função escolhida de projeto, bem como possibilitou através da matriz de projeto a organização do fluxo de informação.

Para desenvolver cada requisito os alunos utilizaram o mapeamento visualizado na tabela 1 e elaboraram a matriz de projeto para cada nível, conforme se observa nos exemplos da figura 9.

Para facilitar a visualização da sequência de definições e informações foi feito o diagrama de fluxo conforme se visualiza na figura 10

Com o desenvolvimento de todo este processo de projeto as aulas foram organizadas de modo que passou-se a gerenciar as atividades de cada grupo seguindo as definições do diagrama de fluxo da figura 10. Marcou-se a apresentação do anteprojeto com as definições de cada equipe quinze dias após do recebimento das informações para desenvolver o módulo 2.

As apresentações foram realizadas através de seminário e cada equipe entregou um memorial descritivo das definições realizadas

#	Functional Requirements	Descriptions	Design Parameters	Leaf
Parent	Controle das águas	Instalações hidráulicas		
1	Águas pluviais	Instalações pluviais		
2	Águas de esgoto	Instalações de esgoto		
3	Água potável	Instalações de água		

	DP#1	DP#2	DP#3
FR# 1	X	O	O
FR# 2	O	X	O
FR# 3	O	X	X

#	Functional Requirements	Descriptions	Design Parameters	Leaf
Parent	Conforto térmico	Projeto térmico		
1	Controle da radiação direta	Brise		
2	Controle do ganho térmico por laje	Materiais isolantes		
3	Controle da radiação da cobertura	Definição do formato da cobertura		
4	Ventilação	Janela		

	DP#1	DP#2	DP#3	DP#4
FR# 1	X	O	X	X
FR# 2	O	X	X	O
FR# 3	O	O	X	O
FR# 4	O	O	O	X

Figura 9: Exemplos de matriz de projeto de níveis hierárquicos inferiores

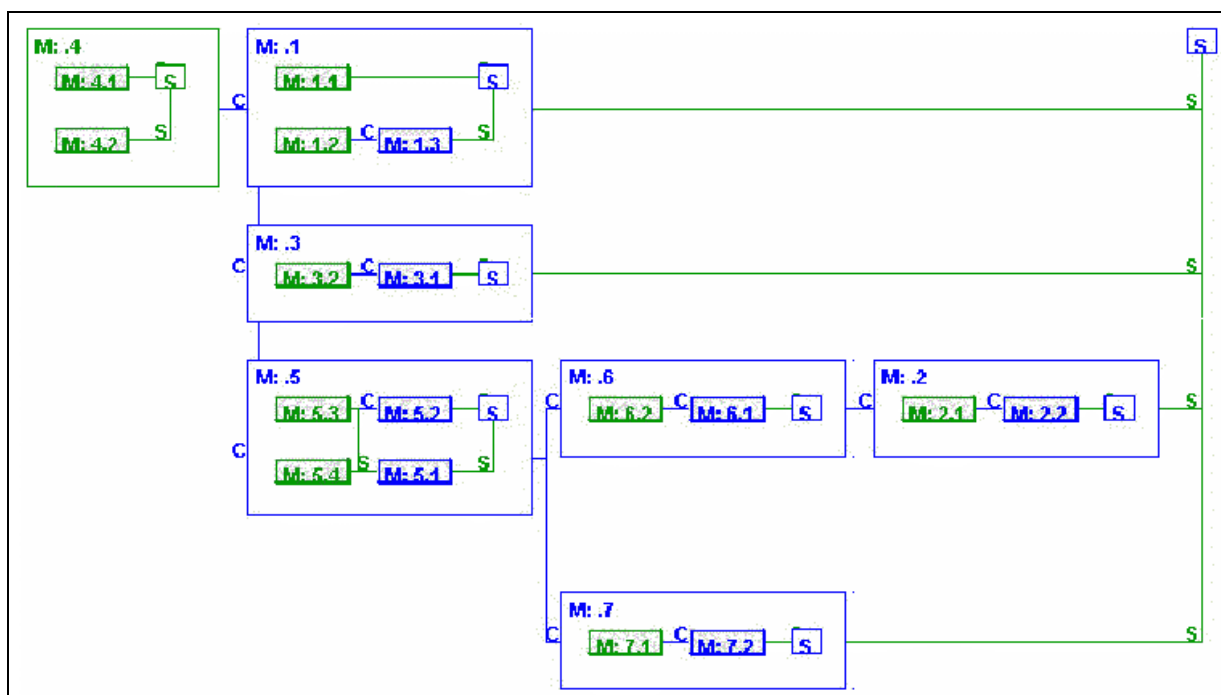


Figura 10: Diagrama de Fluxo do anteprojeto da Escola Casemiro Poffo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente, percebeu-se que os alunos tiveram uma certa resistência para planejar e decompor o projeto de acordo com a metodologia proposta. Observou-se dois tipos distintos de comportamento: a solução imediata do problema de maneira simplista sem a consideração de outras possíveis soluções ou a definição genérica do problema sem o devido detalhamento.

A metodologia de projeto axiomático permitiu o reconhecimento por parte dos alunos das interferências de diferentes campos de estudo. Ao perceberem estas interferências, utilizando-se dos axiomas puderam gerenciar as informações e decisões de projeto de modo a resolver um problema por vez, o que facilitou o desenvolvimento do projeto.

O conforto ambiental utilizado como paradigma para o desenvolvimento do projeto possibilitou a compreensão de sua influência em cada decisão de projeto. Pode-se dizer que os alunos tomaram consciência da importância de cada conforto e que provavelmente se tornaram críticos quanto a sua

necessidade, isto só foi possível pelo fato de se dividir a classe em cinco grupos e de cada um defender a sua área de estudo no desenvolvimento de um único projeto.

BIBLIOGRAFIA

ALEXANDER, C. et al. *A pattern language: towns, buildings, construction*. New York: Oxford University Press, 1977.

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (FDE). *Arquitetura escolar e política educacional: os programas na atual administração do Estado*. São Paulo, 1998.

GRAÇA V.A.C. Otimização de projetos arquitetônicos considerando parâmetros de conforto ambiental: O Caso da rede Estadual de São Paulo. DISSERTAÇÃO (mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Construção Civil, Campinas, São Paulo, 2002

JUTLA, R.S. An inquiry into design. *Design Methods: Theories, Research, Education and Practice*, Califórnia, v.30, n. 1, p. 2304-2308, Jan/Mar 1996.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Metodologia e CAD no Projeto Arquitetônico. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE COMPUTAÇÃO, ARQUITETURA E URBANISMO, São Paulo, 1992. Anais. São Paulo: FAU- USP, 1992. 1 CD-Rom

SUH, N.P. *The principles of design*. New York: Oxford University Press, 1990