



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

**VIIELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

## ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES ESCOLARES

**Paula Roberta Pizarro Pereira(1); Doris C.C.K. Kowaltowski (2)**

(1)Ms, Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, [paulapzr@hotmail.com](mailto:paulapzr@hotmail.com)

(2) PhD, Departamento de Arquitetura e Construção, [doris@fec.unicamp.br](mailto:doris@fec.unicamp.br)

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Av. Albert Einstein 951, 13083-852, Campinas, SP, Brasil

### RESUMO

Os projetos de edificações escolares do Estado de São Paulo são gerenciados pela Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE), a qual é responsável pelas verificações e aprovações. Resultados de Avaliações Pós-Ocupação (APO) têm mostrado que estes edifícios apresentam desempenho nem sempre satisfatório para abrigarem as atividades de ensino recomendadas na literatura. Estudos sobre o processo de projeto da FDE mostraram que os profissionais necessitam de apoio, especialmente para a verificação de projetos ainda em desenvolvimento. Este trabalho tem o objetivo de analisar ferramentas de avaliação de projetos a fim de verificar a aplicabilidade de seus elementos para a construção de uma ferramenta que seja específica para projetos de edificações escolares do Estado de São Paulo. Um levantamento foi realizado e duas ferramentas foram selecionadas para a análise: *Design Quality Indicator (DQI for Schools)* e a “Metodologia de Avaliação de Conforto Ambiental de Projetos Escolares – otimização multi-critérios”. A amostra é composta dos projetos de edificações escolares documentados pela FDE (2006). No caso da primeira ferramenta um projeto desta amostra foi avaliado, o segundo método foi aplicado à 81 projetos. Os resultados confirmam a necessidade da criação de uma ferramenta de avaliação de projetos escolares que inclua em sua estrutura instrumentos específicos para a análise de dados objetivos e subjetivos. A avaliação de projetos requer objetividade tanto no processo de aplicação da ferramenta quanto na visualização dos resultados, além de um retorno rápido das informações para apoiar o processo de projeto em arquitetura. É essencial que sejam incluídos requisitos específicos de projeto para as condições locais.

**Palavras - chave:** arquitetura escolar, processo de projeto, avaliação de projetos.

### ABSTRACT

School building design in the State of São Paulo is managed by the Foundation for School Development (*Fundação para o Desenvolvimento da Educação - FDE*), which is also responsible for verifications and approvals of proposals. Results of post-occupancy evaluations have shown that many school buildings present less than satisfactory conditions, mainly in relation to environmental comfort and do not sufficiently support activities recommended in the literature, affecting thus the quality of education. Studies on the FDE design process show that professionals working for this foundation need support during the design process, especially to verify designs under development. This paper analyzes design evaluation tools to verify the applicability for the construction of a specific tool to evaluate school building designs in the State of São Paulo. A survey was held and two tools were selected for analysis: *DQI for Schools (Design Quality Indicator)* and the method called “Evaluation method for school building design with optimization of aspects of environmental comfort”. The sample is composed of school building designs documented by FDE (2006). The *DQI* method was applied to one example of the sample and the second method to all 81 school designs of the sample. The results of the analysis of the two tools highlight the necessities for a school building design evaluation tool that includes specific instruments to analyze both objective and subjective data within its structure. Design evaluation requires objectivity both in the application of the tool and in result visualization, alongside a quick return of information to support the architectural design process. Essential also is the inclusion of specific design requirements for local conditions.

**Keywords:** school architecture, design process, design evaluation.

## 1. INTRODUÇÃO

A literatura internacional sobre arquitetura escolar é extensa (SANOFF, 1994; BRUBAKER, 1998; DUDEK, 2000; SANOFF, 2001; NAIR & FIELDING, 2005; DUDEK, 2007; FORD, 2007; FORD & HUTTON, 2007; WINKEL, COLLINS, JUROSZEK, CHING, 2007; WALDEN, 2009; TAYLOR, 2009; LIPPMAN, 2010) e discute as tendências pedagógicas e suas respostas arquitetônicas. Tais trabalhos recebem o apoio de pesquisas que se concentram na investigação das estratégias de projeto e suas conseqüências na qualidade de determinado produto, firmando a etapa de elaboração do programa arquitetônico e desenvolvimento do escopo como as mais importantes durante o processo de projeto (CHERRY, 1999; VOORDT & WEGEN, 2005; CROSS, 2006; KRUGER & CROSS, 2006).

No Brasil, as discussões sobre o ambiente escolar também são abundantes e, em sua maioria, são pautadas em resultados de avaliações pós-ocupação - APO (ORNSTEIN & BORELLI NETO, 1996; KOWALTOWSKI et al., 2001, LABAKI & BUENO-BARTHOLOMEI, 2001; AZEVEDO, 2002; PIZARRO, 2005; ORNSTEIN, 2005; ORNSTEIN & MOREIRA, 2008; RHEINGANTZ et al, 2008; ELALI & GONDIM, 2010; BLOWER & AZEVEDO, 2010; KOWALTOWSKI, 2011). No entanto, poucos trabalhos tratam da metodologia do processo de projeto (MÜLLER, 2007; FIGUEIREDO, 2009; DELIBERADOR, 2010; MOREIRA & KOWALTOWSKI, 2009) e de avaliações de projetos. Pesquisas em APO concentram-se nas falhas do ambiente físico pelas suas próprias evidências. A facilidade de aplicação de APOs permitiu o desenvolvimento de métodos e conceitos próprios, embora apresente realimentação de projetos lenta, sendo, desta forma, mais popular na academia que em escritórios de arquitetura. A avaliação de projetos arquitetônicos é feita de maneira informal pelos profissionais de projeto, sendo objeto de discussão mais freqüente para a crítica arquitetônica (KOWALTOWSKI et. al., 2006).

Os resultados das APOs nas escolas do Brasil indicam que o conforto ambiental em edificações escolares, entre outros aspectos como a necessidade de adaptação do espaço para receber determinado projeto pedagógico e o desenvolvimento de projetos participativos, podem ser melhorados. Os estudos sobre o processo de projeto destes edifícios auxiliam no aumento da qualidade deste aspecto. No Estado de São Paulo a Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE) é responsável por distribuir, coordenar e avaliar os projetos de edificações escolares desenvolvidos por escritórios terceirizados contratados. Disponibilizam-se aos escritórios o programa arquitetônico, previamente definido pela Secretaria da Educação, o levantamento topográfico e catálogos técnicos (componentes construtivos e modulação exigida), além de lista das normas que deverão ser consultadas. Recentemente a FDE também introduziu indicadores de sustentabilidade nos projetos através da certificação AQUA (FCAV, 2007).

Observa-se que os esquemas de processo de projeto nas escolas consideradas de alta qualidade incluem vários conceitos discutidos na área do conhecimento chamado de metodologia de projeto, tais como: trabalho multidisciplinar, base consensual de projeto, coordenação de processo, participação e motivação do cliente, inclusão de especialistas de energia, conforto ou sustentabilidade entre outros, uso de ferramentas de simulação, engenharia de valor, banco de dados e APO. Os processos indicam a importância de discussões sobre, por exemplo: o local da obra, o projeto pedagógico, valores, metas, indicadores de qualidade, atividades a serem desenvolvidas na escola, relações chaves no edifício, restrições orçamentárias e legais, necessidades ambientais e de flexibilidade, inferências dos especialistas e integração de fatores de projeto com o processo construtivo. Além de ser ampliado e participativo, este processo de projeto inclui em todo seu percurso momentos de avaliação, tanto do projeto quanto da obra. Desta forma, o processo de projeto recomendado exige a utilização de ferramentas de avaliação que permitam garantir a obtenção dos resultados pretendidos e corrigir rapidamente desvios que venham a ser detectados.

As avaliações de projeto que ocorrem de maneira mais informal não aplicam ferramentas de apoio. Acontecem naturalmente no processo de projeto enquanto a proposta é desenvolvida e o projetista analisa mentalmente as questões sobre proporções, funções e aspectos de acesso, conforto, técnicas construtivas, entre outros. As avaliações formais na sua maioria apresentam ferramentas de avaliação que possuem características conceituais, estruturais variadas. Em alguns casos o objetivo da avaliação é a alimentação de um novo processo de projeto, com identificação de requisitos de projeto, desejos de usuários e cliente com atenção especial para evitar a recorrência de erros de projetos e obras anteriores. As avaliações também podem visar à identificação de interferências ou possíveis problemas de obra ainda na fase de projeto. Sendo assim, para cada tipo de avaliação são recomendados métodos de levantamento e ferramentas de análise específicas. Independente do formato de apresentação nota-se um grande avanço em ferramentas que avaliam objetivamente o projeto, como as listas de verificação e as ferramentas simuladoras. As ferramentas que tratam de aspectos subjetivos do projeto, valores, impacto estético e satisfação ainda são em menor número, justamente pela dificuldade de avaliar tais atributos qualitativos.

No processo de julgamento da qualidade de projetos arquitetônicos é aceito que as propostas sejam analisadas por júris ou bancas compostas por especialistas na área em questão, representando, no caso, o cliente. O julgamento é uma escolha que o indivíduo realiza a fim de desvendar as “regras do correto”. A própria tomada de decisão durante o desenvolvimento dos projetos pode ser considerada um tipo de julgamento, quando os arquitetos se reúnem em seus ateliês em torno de um senso comum. A capacidade de julgar corretamente necessita, primeiramente, de um período de preparação, reflexão e depois, de maturidade. Portanto, a capacidade de julgar corretamente depende de um nível de desenvolvimento profissional e intelectual, o que leva tempo considerável. Teorias sobre tomada de decisão na arquitetura confirmam que especialistas geralmente tomam as melhores decisões (GIFFORD et al., 2002). Entretanto, escolhas feitas apenas pelo bom senso entre especialistas em arquitetura são controversas porque o processo de compatibilidade de metas entre eles não é transparente. Ainda, para alguns autores, o julgamento só é livre de controvérsias quando se há um “plano-zero”, ou seja, um modelo de comparação (JONG & VOORDT, 2002).

Em relação à análise específica das qualidades subjetivas dos projetos, nota-se que há dois lados para a mesma questão: o primeiro diz respeito à tentativa do arquiteto quantificar atributos não quantificáveis de seu projeto a fim de validá-lo. A tentativa de reduzir todos os fatores a uma medida quantitativa comum geralmente serve apenas para transferir o problema para a avaliação. O outro lado pode ser observado na rotina dos escritórios de arquitetura, onde os profissionais fazem avaliações informais utilizando como instrumento o diálogo emotivo para julgar aspectos qualitativos, que são tidos como de difícil análise. Independente da metodologia adotada para análise, vê-se que a qualidade do julgamento sofre restrições. Projetar é uma atividade que envolve juízos de valor entre alternativas que podem oferecer, ao mesmo tempo, vantagens e desvantagens. É improvável que haja uma resposta otimizada para todas as variáveis de projeto, porém é recomendável a utilização de ferramentas de apoio que organizem o processo de avaliação de projetos.

Este trabalho compara a eficiência de duas ferramentas de avaliação de projetos arquitetônicos. Foram selecionadas as ferramentas *DQI for Schools* e a “Metodologia de Avaliação de conforto ambiental de projetos escolares - otimização multi-critérios”, por serem específicas para projetos de edificações escolares. Tais ferramentas foram aplicadas em uma amostra de escolas da FDE e seus desempenhos foram comparados. Este artigo está relacionado a uma pesquisa de doutorado em andamento, intitulada “Novas práticas de avaliação de projetos para a arquitetura escolar do Estado de São Paulo”, desenvolvida na UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas.

## 2. OBJETIVO

O objetivo da análise é verificar a aplicabilidade dos elementos de duas ferramentas de avaliação de projeto selecionadas para o desenvolvimento de uma ferramenta específica para projetos de edificações escolares do Estado de São Paulo.

## 3. MÉTODO

As ferramentas de avaliação de projetos escolares *DQI for Schools* e a “Metodologia de Avaliação de conforto ambiental de projetos escolares - otimização multi-critérios” são descritas, esclarecendo seus conceitos, morfologia e forma de pontuação. Durante a análise das duas ferramentas são verificadas as facilidades e dificuldades da aplicação, características positivas e negativas em cada uma, a clareza dos resultados e o modo como cada uma realiza o retorno dos dados ao processo de projeto. A amostra consiste nos projetos de edificações escolares documentados em FDE (2006). Na aplicação da ferramenta *DQI* foi escolhido um projeto escolar e para a verificação do método de otimização multi-critérios foram avaliados 81 projetos.

## 4. ANÁLISE

### 4.1 *Design Quality Indicator (DQI for Schools)*

A ferramenta *Design Quality Indicator* é composta de quatro elementos estruturais: grade conceitual, ferramenta de coleta de dados, mecanismo de peso e “questionário”, que têm quatro versões diferentes para momentos do processo de projeto e construção: Programa, Projeto, Ocupação e Avaliação Pós-Ocupação. A grade conceitual é formada de três indicadores principais – funcionalidade, qualidade da construção e impacto – fundamentados nos princípios da visão tripartida *firmitas, utilitas* e *venustas* de mais de 2000 anos proposta por Vitruvius e traduzidas por Wotton (1624) como durabilidade, comodidade e agradabilidade. O

indicador “funcionalidade” abrange o arranjo, a quantidade e a inter-relação de espaços e como o edifício é projetado para ser utilizado. O indicador “qualidade da construção” determina as características construtivas e de execução do edifício, ou seja, quão bem ele foi construído, sua estrutura, seus acabamentos, seus sistemas de engenharia e a coordenação de todos. Já o indicador “impactos do edifício” determina a possibilidade do edifício de agradar, intrigar e criar um senso de lugar e pertencimento, inspirando a comunidade local e seu ambiente.

A coleta de dados é feita por um questionário, em forma de uma lista de indicações de avaliação, constituído por dez atributos: uso, acesso, espaço, desempenho, sistemas de engenharia, construção, forma e materiais, ambiente interno, integração social e urbana, inovação e características. Estes atributos e as descrições resumidas das indicações são a estrutura chave da ferramenta onde são feitas modificações e adaptações para outras tipologias de edifícios. A ferramenta DQI foi concebida, inicialmente, para avaliar projetos arquitetônicos em geral, entretanto uma versão específica para projetos de edifícios escolares vem sendo utilizada com sucesso, principalmente no Reino Unido e alguns estudos de caso estão expostos no *site* da organização, denominada *DQI for Schools* (DQI, 2010).

A atribuição de pesos apresenta-se em forma de indicações pontuadas, variando de “discordo fortemente” a “concordo fortemente”, tendo a opção “não aplicável” e “não sei”, numa escala de sete pontos. A ferramenta se mostra amigável no sentido de que cada item possui uma caixa de diálogo contendo uma explicação resumida. Em cada indicador principal as características devem ser pontuadas e, por fim, cada indicador tem também sua avaliação. Não há nenhuma indicação de importância pré-estabelecida, ou ponderação para os indicadores.

A ferramenta é conhecida pelo formato que estimula o diálogo e a troca de idéias entre os participantes da avaliação. Alguns autores já apresentaram críticas em relação a este tipo de mecanismo, afirmando que uma ferramenta com este formato dificilmente avalia, de forma eficiente, a qualidade de um projeto (MARKUS, 2003; DEWULF & VAN MEEL, 2004) indicando que sozinha, não consegue fazer a transição da análise dos dados para o projeto em si e a relação entre os dados coletados e as aplicações em projeto (THOMSON et al., 2003). Markus (2003) e Dewulf & Van Meel (2004) afirmam que a ferramenta confunde os termos subjetivo e objetivo, permitindo que fatores que possam ser medidos objetivamente são, ao contrário, medidos subjetivamente. Outra questão levantada pelos críticos é a ambiguidade das intenções: ou a ferramenta se comporta como avaliadora do projeto ou processo do projeto (MARKUS, 2003; DEWULF & VAN MEEL, 2004). Nenhuma das críticas feitas até então se dirigem à ferramenta específica para projetos de edificações escolares, portanto, neste trabalho procurou-se aplicar a ferramenta em um projeto da amostra e reunir as observações já realizadas anteriormente com os resultados da análise.

## 4.2 Análise da aplicação da ferramenta DQI

Para esta análise foi utilizada a ferramenta DQI para o Projeto de Edificações Escolares (*DQI for Schools*) aplicada ao projeto da EE Conjunto habitacional Campinas EB-1. Em relação à estrutura da ferramenta, notou-se que aspectos do ambiente a serem avaliados surgiram nos três indicadores de qualidade (Funcionalidade, Qualidade da Construção e Impacto) com enfoques diferenciados para cada indicador. As indicações descritas de maneira subjetiva são complementadas com indicações de verificação de normas e regulamentações. Toma-se como exemplo o aspecto iluminação natural e artificial nos ambientes. No indicador Qualidade da Construção este aspecto aparece primeiramente na investigação da percepção do usuário "considere aqui se você sente ou não que o nível e a intensidade de iluminação natural disponível no edifício serão adequados ao uso", ou incentivando a medição do ambiente, "os níveis de luminosidade, uniformidade e eficiência levam em consideração às recomendações das normas".

Durante a avaliação notou-se que a coleta de dados para as indicações subjetivas abrange atividades diversas como a necessidade de dialogar com outros participantes do processo (o que não pôde ser realizado para esta aplicação, já que esta envolveu apenas a autora como agente avaliador), observações da planta do projeto (ou até mesmo outras representações do projeto) e suposições sobre como o ambiente irá funcionar, como mostra as afirmações: “A iluminação artificial é suficiente para a realização do seu trabalho de forma confortável?”, “Iluminação (natural e artificial) deve ser sem brilho e apropriada para uma variedade de propósitos, capaz de ser modificadas facilmente e sem muito custo”. A natureza destas atividades diverge da coleta de dados de indicações objetivas, onde a atividade é a verificação de normas e regulamentações pertinentes ao aspecto avaliado. A pontuação dos dados em escala de sete pontos se mostra mais apropriada para as indicações objetivas. Os resultados da coleta de dados das indicações subjetivas não necessitariam de uma escala fechada para serem efetivos.

Para a aplicação da ferramenta, foram utilizados como documentos duas perspectivas e a planta do projeto da escola. A ferramenta DQI não indica que tipo de material o respondente, ou grupo de avaliadores, deve ter em mãos para analisar. Para responder questões referentes aos atributos técnicos inseridos no indicador Qualidade da Construção sentiu-se necessidade de informações mais detalhadas sobre o projeto. O mecanismo de pontuação da ferramenta permite a opção "não sei" e, para este indicador, 16,81% das respostas foram anuladas (Figura 1).

O gráfico da Figura 1 mostra a quantidade de repostas alcançadas em cada atributo avaliado. Enquanto as pontuações “concordo” e “tendo a concordar” variaram de 0 a 2 repostas, a pontuação “discordo fortemente” apareceu, em média, em 6 repostas para cada atributo analisado. Pressupõe-se que a grande porcentagem de repostas “discordo fortemente”, presente em todos os atributos se deve ao fato do DQI *for Schools* não traduzir a realidade das escolas públicas brasileiras, reforçando a necessidade de se criar uma ferramenta com inserção de valores específicos para o Estado de São Paulo.

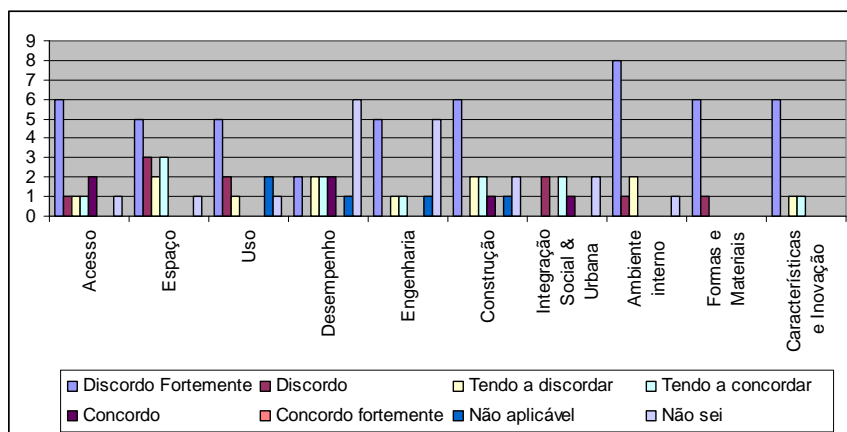


Figura 1 – Avaliação das repostas – aplicação da ferramenta DQI

A despeito das críticas em relação à ferramenta e das observações levantadas por outros autores, afirma-se que a grande qualidade do DQI concentra-se em seu conjunto de requisitos de projetos incluídos nos indicadores. Esta, por si só, constitui em um mecanismo importante para originar um vocabulário de linguagem do projeto.

As pontuações dos resultados finais são representadas em formato de gráfico de barras que mostram as diferenças entre as pontuações alcançadas e o máximo possível a ser atingido para cada atributo e indicador avaliado. Apesar de certas dificuldades durante a aplicação, o “questionário” possibilitou uma riqueza de análise, incentivando a reflexão sobre a situação do projeto. Já a apresentação dos resultados caracteriza muito mais um resumo de todo o trabalho do que um instrumento de realimentação do projeto. Se o profissional não participa de todo processo de avaliação dificilmente tem condições de aumentar a qualidade do projeto apenas com observações dos resultados de pontuação finais. O DQI *for Schools* pode ser caracterizado, principalmente, como uma ferramenta valiosa para o desenvolvimento do programa arquitetônico, devido ao seu caráter generalista e enriquecedor do diálogo. Para avaliar a qualidade do projeto concluído a ferramenta necessitaria de mais objetividade durante a aplicação e apresentação de resultados mais complexos e detalhados.

### 4.3 “Metodologia de Avaliação de Conforto Ambiental de Projetos Escolares – otimização multi-critérios”

As raízes da otimização multi-critérios surgiram na economia. A definição de ótimo para um problema de otimização multi-critérios é denominada decisão ótima de “Edgeworth-Pareto”, porque foi estabelecida por Edgeworth (1881). A otimização multi-critérios propõe uma solução de compromisso na análise de variáveis interdependentes devido a impossibilidade de otimizar todas as variáveis envolvidas em um projeto. Assim, dividem-se as soluções de projeto em dois conjuntos: conjunto ótimo e conjunto não ótimo. O propósito principal da teoria de otimização é ajudar o projetista na seleção de um projeto que pertence a um conjunto de soluções viáveis ao problema, proporcionando direcionamento ao processo de decisão através da comparação entre os projetos pertencentes ao conjunto ótimo e da seleção daquele que apresenta melhores alternativas (STADLER & DAUER, 1992).

A “Metodologia de Avaliação de Conforto Ambiental de Projetos Escolares – otimização multi-critérios”, desenvolvida por Graça (2002), pode ser dividida em três fases. Na primeira há a análise das dimensões dos terrenos em que escolas da amostra estão inseridas, de modo a permitir certa flexibilidade de decisões em projeto. A maioria dos projetos escolares implantados nesses terrenos sofrem grandes restrições devido ao tamanho dos lotes, em geral com dimensões mínimas, prejudicando a tomada de decisão otimizada no anteprojeto. Sendo assim, considera-se que terrenos com dimensões menores que as estipuladas na Tabela 1, que não fazem parte do conjunto de soluções viáveis para aplicação desta metodologia de avaliação.

Escolas	Largura (mínima)	Comprimento (mínimo)	Razão (L/C) (Mínima)
4 – 12 salas	36	43	0,36
13 – 15 salas	38	65	0,48
16 – 18 salas	40	70	0,48
19 – 21 salas	53	108	0,49

A segunda fase consta de uma análise gráfica, realizada por especialistas da área de conforto ambiental, de variações tipológicas para os aspectos de conforto expressas em graus de pertinência. Esta fase é detalhada por Graça e Kowaltowski. (2004). O método avalia as condições de conforto acústico, térmico, luminoso e funcional em projetos de edificações escolares, porém para a aplicação neste trabalho foram utilizados os três primeiros aspectos somente. Para o conforto térmico há sete configurações de salas de aula qualificadas considerando-se as posições das aberturas, orientação solar e ventilação predominante. Para o conforto luminoso foram consideradas as relações entre aberturas e orientação solar e para o conforto acústico foram consideradas a relação entre as salas de aula e as áreas de corredores e recreação, quen em prédios escolares geram ruídos (Figura 2).

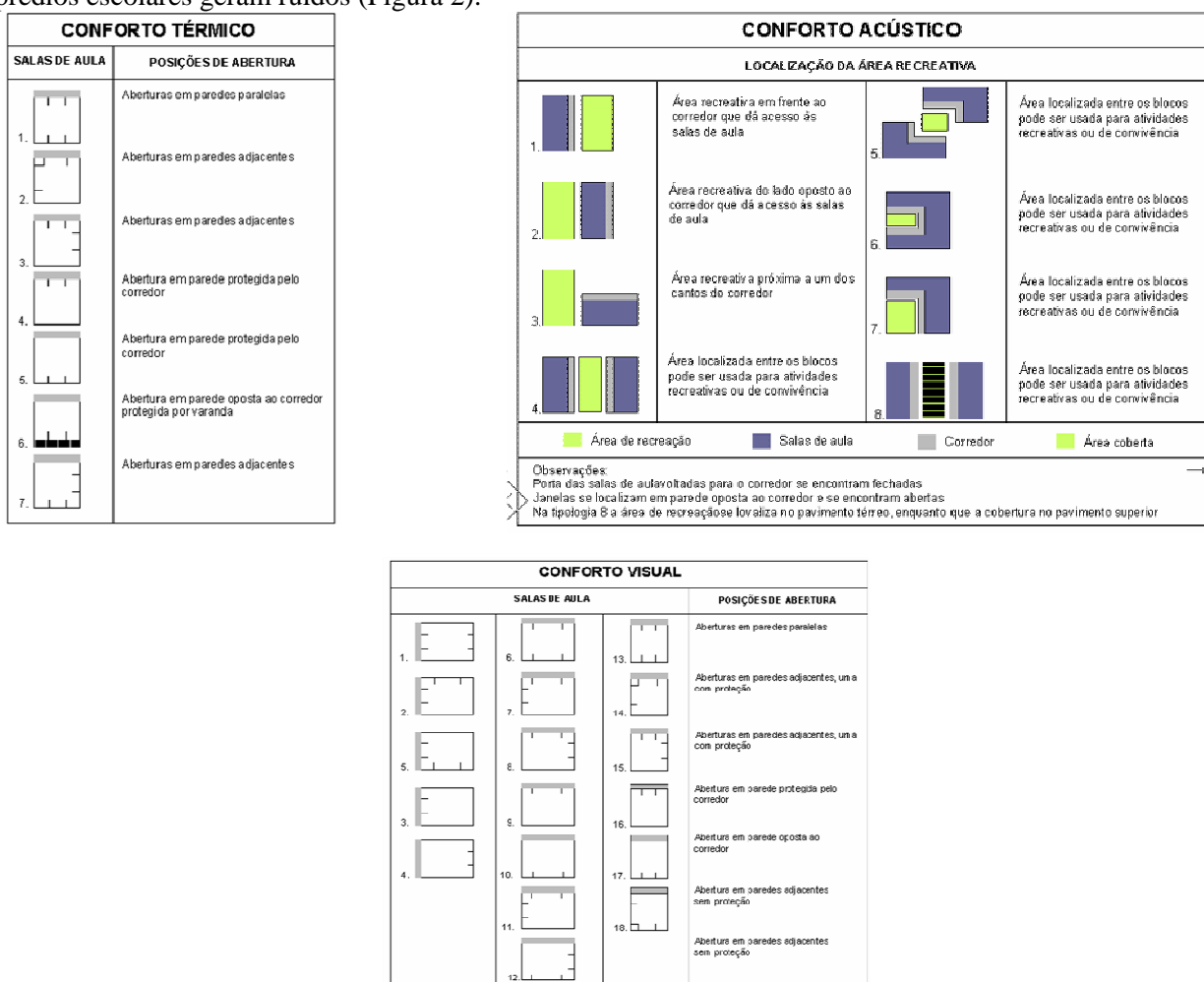


Figura 2 – Tipologias de conforto térmico, visual e acústico. Fonte adaptada: Graça, 2002.

Como definição metodológica da ferramenta, o critério para identificar as soluções inferiores é: soluções que possuem todas as avaliações de parâmetros de conforto com valor inferior a outro projeto. Define-se por eliminação o critério de maximização de projeto que identifica as soluções de compromisso da

seguinte maneira: soluções que possuem pelo menos uma avaliação de parâmetro de conforto superior a outro projeto.

#### **4.4 Análise da aplicação da ferramenta “Metodologia de Avaliação de Conforto Ambiental de Projetos Escolares – otimização multi-critérios”**

Inicialmente as 81 escolas da amostra passaram pelo processo de avaliação dos terrenos em que estão inseridas, na observação de dimensões mínimas possíveis para desenvolvimento de projetos que favoreçam os aspectos de conforto ambiental. Tendo como parâmetro os dados da Tabela 1, 28 escolas foram eliminadas nesta avaliação, sendo que algumas em função das dimensões de largura, outras, do comprimento, outras apresentaram razões abaixo do recomendado e, algumas escolas têm mais de um item em desacordo com a Tabela 1.

Na segunda fase de aplicação as plantas das escolas foram observadas e levantou-se, de acordo com os aspectos de conforto, o número de salas, a tipologia e a orientação de cada uma e o grau de pertinência correspondente. Fez-se a média do grau de pertinência e assim foi possível reconhecer na escala semântica a qualidade de cada projeto (Tabela 2).

Como o número de escolas analisadas era grande foi necessária a transferência das plantas para um programa CAD (*Computer Aided Design*) e a criação de blocos que simulassem cada tipologia e sua orientação correspondente, a fim de que tanto a análise de projeto quanto a verificação do grau de pertinência fosse facilitada e possível de ser executada diretamente na tela do CAD.

De acordo com o critério da metodologia foram encontradas, ao todo, 10 soluções de compromisso nesta amostra (Tabela 2). Um exemplo de solução de compromisso é o projeto desenvolvido para a Universidade de São Paulo - USP, na cidade de São Paulo. A área total do terreno regular conta com aproximadamente 12.000 m<sup>2</sup>, porém o projeto conta com 12 salas de aula distribuídas em 2.540 m<sup>2</sup>, visto que o restante abriga um grande talude. Seus resultados de grau de pertinência revelaram boas pontuações para o conforto acústico, pelo fato da quadra de esportes não possuir cobertura e estar afastada das salas de aula, porém os resultados para conforto visual e térmico não foram bons, com índices 0,24 e 0,41, respectivamente. A avaliação mostra que as aberturas das salas de aula são voltadas, aproximadamente, para Leste e Oeste, contribuindo para a entrada de raios solares indesejáveis. Neste caso, encontrada a solução de compromisso, o projetista deveria, ainda no desenvolvimento do projeto, fazer alguns ajustes. O grau de pertinência encontrado para a avaliação acústica poderia ser mantido (neste caso, a localização da quadra) e o bloco de edifícios de sala de aula poderia ser rotacionado, *brises* verticais poderiam ser inseridos e também um projeto paisagístico que contasse com arborização adequada para contribuir para o sombreamento das aberturas.

A aplicação deste tipo de ferramenta que conta com índices de verificação geralmente não deixa dúvidas quanto à seleção e análise de dados. Entretanto, esta característica restringe o objetivo da avaliação, focado apenas nos aspectos de conforto. Para que o arquiteto desenvolva um projeto de edifício escolar de qualidade são necessários mais requisitos para análise, tais como funcionalidade, impacto estético, infraestrutura, qualidade construtiva, etc.. Apesar das tipologias estarem expressas graficamente, a apresentação dos resultados se dá em forma de graus de pertinência e/ou escala semântica, o que possivelmente inibe bastante a sua utilização, já que não faz parte do hábito dos profissionais de projeto.

## **5. CONCLUSÕES**

Analisando isoladamente o potencial das ferramentas no intuito de aumentar a qualidade dos projetos escolares pode-se qualificar o *Design Quality Indicator (DQI for Schools)* como generalista e a “Metodologia de Avaliação de conforto ambiental de projetos escolares - Otimização Multi-critérios” como restritiva.

A análise da ferramenta *DQI for Schools* sugere modificações principalmente no que se trata de seu sistema de estruturação e pontuação. Os critérios subjetivos e objetivos devem ser capturados e analisados separadamente para que a avaliação seja otimizada. Para as avaliações objetivas, que englobam atividades de verificação de normas e regulamentações, as escalas de pontos e pesos podem ser mantidas ou podem ser utilizados termos como “aprovado” e “não aprovado”. Opções do tipo “não saber” em questionários de pontuação podem se tornar alternativas que não incentivam a busca de informações para a verificação do projeto. As avaliações subjetivas têm o foco no diálogo entre os participantes, desta forma, pontuações e pesos podem ser retirados da metodologia sem prejuízo. Para estas deve-se levar em consideração que demandam mais tempo de aplicação. É interessante que a ferramenta defina as representações gráficas de projetos a serem utilizados durante a aplicação (planta, corte, elevação, perspectivas 3D, 4D, maquetes, etc.).

Comparações entre bons projetos que agrupem um conjunto de características ideais e o projeto avaliado podem ser realizadas. A experiência profissional e os resultados de avaliações pós-ocupação em ambientes similares ao projeto avaliado podem ser incluídos neste tipo de aplicação.

Tabela 2 – Seleção das escolas avaliadas e graus de pertinência aos fatores de conforto ambiental térmico, visual e acústico.

	ESCOLAS	N SALAS	GRAUS DE PERTINÊNCIA			TERRENO	COMPRIMENTO	RAZAO
			TERMICO	VISUAL	ACUSTICO	LARGURA		
1	EE Dr. Telêmaco Paioli Melges	12	0,43	0,26	0,17	60,00	73,00	0,82
2	EE Conjunto Habitacional Campinas E1-B	15	0,63	0,61	0,52	45,00	90,00	0,50
3	EE Conjunto Habitacional Campinas F-1	8	0,64	0,63	0,17	45,00	85,00	0,53
4	EE Jornalista Roberto Marinho	10	0,5	0,25	0,17	45,00	170,00	0,26
5	EE Fazenda Boa Vista	6	0,46	0,29	0,17	41,00	71,00	0,58
6	EE Jardim Luiza/Vila dos Comerciantes	15	0,43	0,27	0,17	52,00	63,50	0,82
7	EE Jardim Bela Vista I	10	0,05	0,15	0,46	46,50	70,00	0,66
8	EE Jardim Bela Vista II/ Cesar de Souza II	10	0,42	0,21	0,46	60,00	70,00	0,86
9	EE Profª Irene Caporali de Souza/Antônio Marmora Filho	8	0,4	0,2	0,52	37,50	80,00	0,47
10	EE Centro	20	0,73	0,88	0,17	50,00	65,00	0,77
11	EE Jardim São João	15	0,47	0,26	0,17	45,00	67,50	0,67
12	EE Jardim Umuarama/ Moacyr de Castro Ferraz	15	0,63	0,61	0,17	56,00	72,50	0,77
13	EE Jardim Planalto	12	0,42	0,25	0,17	35,00	100,00	0,35
14	EE Jardim Dom Angélico II	8	0,4	0,23	0,46	35,00	41,00	0,85
15	EE Jardim Nazareth/ Rosarita Torkomian	12	0,38	0,22	0,52	31,00	120,00	0,26
16	EE Palanque	12	0,5	0,55	0,17	52,50	57,50	0,91
17	EE Recanto Verde Sol III	13	0,41	0,24	0,52	45,00	70,00	0,64
18	EE Jardim Ipanema/ Conjunto Habitacional Jaraguá C/F	12	0,4	0,23	0,17	40,00	85,00	0,47
19	EE União da Vila Nova III/ EE União da Vila Nova IV	30	0,3	0,15	0,35	52,50	62,50	0,84
20	EE Fazenda Jutá VI	11	0,55	0,29	0,44	60,00	91,50	0,66
21	EE Jardim Ataliba Leonel/ Pedro de Moraes Victor	15	0,42	0,48	0,29	31,50	125,00	0,25
22	EE Parque Maria Helena III	14	0,62	0,33	0,52	41,00	110,00	0,37
23	Jardim Maria Helena III	10	0,34	0,44	0,17	80,00	122,00	0,66
24	Jardim Mutinga I	15	0,32	0,22	0,22	50,00	95,00	0,53
25	Jardim Hold	12	0,42	0,25	0,38	55,00	82,50	0,67
26	Centro II	18	0,62	0,6	0,49	51,50	65,00	0,79
27	Vila Conceição II	17	0,4	0,23	0,17	50,00	56,50	0,88
28	Jardim Ruyce III	18	0,3	0,22	0,17	18,75	165,00	0,11
29	Jardim Presidente Kennedy/ EE Iria Kunz	12	0,3	0,23	0,17	42,50	48,00	0,89
30	Jardim Mimás III	8	0,46	0,29	0,17	50,00	60,00	0,83
31	Parque Dourado VI	15	0,42	0,48	0,52	46,50	100,00	0,47
32	Jardim Santo Antônio	15	0,57	0,45	0,64	22,50	92,50	0,24
33	Parque Montreal II	12	0,22	0,11	0,47	48,00	87,50	0,55
34	Jardim Angélica III/ EE Pedro Morceli	18	0,6	0,18	0,17	35,00	88,50	0,40
35	Jardim Santa Cecília	10	0,54	0,38	0,52	59,50	87,50	0,68
36	Jardim Santa Emília	12	0,64	0,63	0,17	35,00	45,00	0,78
37	Jardim Fortaleza/ EE José Benedito Ferreira	12	0,62	0,59	0,17	55,00	60,00	0,92
38	Bairro Pimentas IV	15	0,46	0,29	0,17	57,50	77,50	0,74
39	Bairro Pimentas VII	20	0,36	0,23	0,52	50,00	73,30	0,68
40	EE Jardim Santa Lídia	22	0,4	0,24	0,33	55,00	60,00	0,92
41	Jardim Amanda VII/ Jardim Santa Clara do Lago II	17	0,4	0,23	0,52	40,00	80,00	0,50
42	Bairro Tupi	8	0,48	0,68	0,17	35,00	110,00	0,32
43	Conjunto Habitacional Itapevi "E"	15	0,44	0,29	0,17	55,00	78,30	0,70
44	Perobal II	15	0,41	0,24	0,52	35,00	64,00	0,55
45	Condomínio Residencial Village II	6	0,54	0,38	0,71	50,00	77,50	0,65
46	Conjunto Habitacional Gov. Mário Covas/ Vila Lucinda	12	0,41	0,24	0,17	44,30	49,00	0,90
47	Padre Augusto Sane	12	0,56	0,27	0,52	76,50	100,20	0,76
48	Bairro Fazenda Grande II	15	0,22	0,11	0,52	47,00	95,00	0,49
49	Santo Antônio	12	0,44	0,27	0,52	38,50	55,00	0,70
50	Bairro Feital/ EE Dom Jorge Marcos de Oliveira	13	0,46	0,17	0,52	40,00	70,00	0,57
51	Jardim Lusitano	12	0,4	0,23	0,71	48,30	85,00	0,57
52	Jardim Rosina/ EE Antônio Prado Jr.	18	0,4	0,23	0,52	27,00	106,00	0,25
53	Loteamento Vila Rei/ Jardim Ivete	10	0,4	0,23	0,17	34,00	69,00	0,49
54	Jardim Santa Maria III	11	0,4	0,24	0,17	60,00	76,00	0,79
55	EE Cel. João Pedro de Godoy Moreira	8	0,71	0,42	0,71	51,00	63,00	0,81
56	Parque Residencial Porto Bello/ EE Vila Real	6	0,46	0,17	0,17	45,00	85,00	0,53
57	Jardim Diva Tarla de Carvalho	10	0,59	0,3	0,52	50,00	117,50	0,43
58	Jardim Eldorado	8	0,5	0,25	0,52	40,00	85,00	0,47
59	Vila Vitória/ EE Dr. Generoso Alves de Siqueira	16	0,08	0,04	0,71	73,50	86,00	0,85
60	Bairro Santa Cruz/ EE Omar Donato Bassani	12	0,67	0,38	0,17	27,50	96,50	0,28
61	Jardim Guarani/ EE Ubaldo Costa Leite	15	0,38	0,19	0,17	55,00	60,00	0,92
62	Vila Andrade/ EE Prof. Homero dos Santos Fortes	11	0,57	0,28	0,52	23,00	73,00	0,32
63	Usp	12	0,41	0,24	0,71	100,00	118,00	0,85
64	Jardim Bronzato/ Estação do Metrô Vila das Belezas	15	0,64	0,35	0,71	41,50	95,00	0,44
65	Parque Fernanda	14	0,65	0,33	0,71	50,00	79,00	0,63
66	EE Margarida Maria Alves	19	0,5	0,25	0,71	57,50	77,50	0,74
67	Chácara Santa Maria/ EE Margarida Maria Alves	16	0,55	0,26	0,5	50,00	65,00	0,77
68	Jardim Maria Sampaio	15	0,4	0,23	0,52	37,50	113,00	0,33
69	Jardim São Luis/ EE Arnaldo Laurindo	10	0,28	0,29	0,17	55,00	55,00	1,00
70	Jardim Boa Esperança/ EE Maria Peccioli	16	0,39	0,22	0,17	43,30	100,00	0,43
71	Jardim Colonial/ EE Adolfo Casais Monteiro	10	0,4	0,17	0,46	52,00	53,50	0,97
72	Parque Grajaú/ EE Nair Toledo Damião	14	0,61	0,67	0,5	50,00	90,00	0,56
73	Jardim Herpin/ EE Rev. Erodice Pontes de Queiroz	28	0,57	0,29	0,71	56,50	97,50	0,58
74	Parque Cispre III/ EE Jornalista Francisco de Mesquita	10	0,56	0,27	0,17	40,00	82,50	0,48
75	Cidade A. E. Carvalho	12	0,4	0,23	0,52	40,00	90,00	0,44
76	Chácara Três Meninas II/ EE Heckel Tavares	15	0,22	0,11	0,71	70,00	72,50	0,97
77	Conjunto Habitacional Cachoeirinha	15	0,71	0,42	0,71	47,50	100,00	0,48
78	Jardim das Rosas II	10	0,48	0,25	0,17	47,50	65,00	0,73
79	Bairro Aparecidinha	10	0,46	0,29	0,71	80,00	155,00	0,52
80	Jardim América III/ Jardim América V	10	0,33	0,17	0,52	50,00	120,00	0,42
81	Vila Real	6	0,46	0,29	0,52	35,00	50,00	0,70

LEGENDA	
<span style="background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	Dimensões dos terrenos que reprovaram escolas
<span style="background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	Escolas soluções de compromisso
<span style="background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	Escolas que reprovaram nos terrenos mas são soluções de compromisso

O DQI for Schools prima pela riqueza de linguagem oferecida pelo conjunto de requisitos de projetos incluídos nos indicadores, criando um vocabulário para o projeto que estimula o diálogo entre os



participantes de um processo de projeto. A sua concepção em pirâmide permite que atributos iguais de projeto pertençam a indicadores diferentes. Sabe-se que, por exemplo, a iluminação afeta não somente o conforto visual de um espaço, mas também a sua percepção mais subjetiva e estética. A aplicação incentiva reflexões sobre a situação do projeto, possibilitando uma riqueza de análise. Estas características tornam a ferramenta um apoio rico para o desenvolvimento do programa arquitetônico, porém a enfraquece diante da necessidade de maior objetividade que a verificação de projetos concluídos requer. Já a apresentação dos resultados caracteriza muito mais um resumo de todo o trabalho de avaliação do que um instrumento de realimentação de projeto.

A análise da Metodologia de Avaliação de conforto ambiental de projetos escolares - otimização multi-critérios também revelou a necessidade de revisões. O método não se aplica às escolas implantadas em terrenos exíguos, entretanto, a análise mostrou que algumas escolas com bom desempenho em conforto ambiental são excluídas na avaliação dos terrenos. Outro aspecto de revisão diz respeito às facilidades na aplicação. Foi necessário digitalizar todas as plantas da amostra e criar blocos no programa CAD referentes aos graus de pertinência e às orientações para facilitar a utilização da ferramenta. Tendo em vista que atualmente os escritórios de arquitetura contam com todos os projetos digitalizados, esta adaptação é viável.

O objetivo da utilização da Metodologia de Avaliação de conforto ambiental de projetos escolares - otimização multi-critérios é avaliar os aspectos de conforto ambiental. Para que o arquiteto desenvolva um projeto de edifício escolar de qualidade são necessários mais requisitos para análise. Apesar das tipologias estarem expressas graficamente, a apresentação dos resultados se dá em forma de graus de pertinência e/ou escala semântica, o que possivelmente restringe sua utilização, já que não faz parte do hábito dos profissionais de projeto. Recomenda-se a inserção de uma interpretação dos dados em níveis de avaliação ou graficamente.

Os resultados finais das duas aplicações de métodos de avaliação afirmam a necessidade do desenvolvimento de uma ferramenta de avaliação de projetos escolares que inclua em sua estrutura instrumentos específicos para a análise de dados objetivos e subjetivos. A avaliação de projetos requer objetividade tanto no processo de aplicação da ferramenta quanto na visualização dos resultados. A prática profissional dos arquitetos exige um retorno rápido de informações durante o desenvolvimento do projeto, sendo interessante que sejam incluídos elementos gráficos e dimensionais no sistema. A ferramenta específica para projetos de edificações escolares para a realidade local, no caso do Estado de São Paulo também requer um conjunto de requisitos específicos de projeto para tal realidade, além de um sistema inserido nos padrões de custo-benefício das políticas do Estado e das práticas da FDE.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, G.A.N. **Arquitetura escolar e educação: um modelo conceitual de abordagem interacionista**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Novembro 2002, 208 p.
- BLOWER, H.C.S.; AZEVEDO, G.A.N. **Avaliação pós-ocupação em creche institucional do município do Rio de Janeiro: uma experiência no lugar da educação infantil**. Revista Gestão e Tecnologia de Projetos, v.5; 99-130, EESC – USP, 2010.
- BRUBAKER, C.W., **Planning and designing schools**. New York: McGraw-Hill, 1998.
- CHERRY, E., **Programming for design: from theory to practice**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1999.
- CROSS, N., **Designly ways of knowing**. London: Springer-Verlag, 2006.
- DELIBERADOR, M.S., **O processo de projeto de arquitetura escolar no Estado de São Paulo: caracterização e possibilidades de intervenção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2010.
- DESIGN QUALITY INDICATOR (DQI), Disponível em <http://www.dqi.org.uk> acessado em Dezembro de 2010.
- DEWULF, G.; VAN MEEL, J. **Sense and nonsense of measuring design quality**. Building Research and Information. 2004, v32, n3, pp 247-250.
- DUDEK, M., **Architecture of schools: the new learning environments**. Oxford: Architectural Press, 2000.
- DUDEK, M., **Schools and Kindergartens - a design manual**. Berlin: Birkäuser, 2007.
- ELALI, G. V. M. A. ; GONDIM, L. . **Avaliação Pós-ocupação como base para o projeto de intervenção no Núcleo de Educação da Infância (NEI-UFRN) em Natal, Brasil**. In: NUTAU 2010 - 5. Seminário Internacional Arquitetura, Urbanismo e Design - produtos e mensagens para ambientes sustentáveis, 2010, São Paulo, SP. Anais do NUTAU 2010. São Paulo : nutau, 2010. v. 1. p. 1-16.
- FCAV – Fundação Vanzolini. **Referencial técnico de certificação “Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA”**. Escritórios e Edifícios escolares. Outubro de 2007.
- FDE. **Arquitetura escolar paulista - estruturas pré-fabricadas**, São Paulo, Diretoria de obras e serviços, 2006, p 336.
- FIGUEIREDO, F.G., **Processo de Projeto Integrado visando à melhoria do desempenho ambiental de edificações: levantamento, análise e comparação de dois estudos de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2009.
- FORD, A & HUTTON, P., **A sense of entry**. Austrália: Melina Deliyannis, 2007.
- GIFFORD, R.; HINE, D.W.; MULLER-CLEMM, W. & SHAW, K.T., **Why architect and laypersons judge buildings differently: cognitive properties and physical bases**. Journal of Architectural and Planning Research. 2002, vol 19, n 2, pp131-148.

- GRAÇA, V.A.Z. da., **Otimização de projetos arquitetônicos considerando parâmetros de conforto ambiental: o caso das escolas da rede estadual de Campinas.** 2002. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Campinas, Campinas, 2002.
- GRAÇA, V.A.Z. da & *Kowaltowski, D.C.C.K.*, **Metodologia de avaliação de conforto ambiental de projetos escolares usando o conceito de otimização multicritério**, Revista ambiente construído, v. 4, n. 3, 2004, pp. 19 - 35.
- JONG, T.M. & VOORDT, T.J.M van der (eds), **Ways to study research architectural, urban and technical design.** Delft University Press, Delft, 2002.
- KOWALTOWSKI, D.C.C.K. **Arquitetura Escolar: o projeto do ambiente de ensino.** São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; BORGES FILHO, F.; LABAKI, L.C.; RUSCHEL, R.C.; BERTOLI, S.R. & PINA, S.A.M.G., **Melhoria do conforto ambiental em edificações escolares estaduais de Campinas – SP.** Relatório Científico/ Fapesp. Campinas, SP: UNICAMP, 2001.
- KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; CELANI, M.G.C; MOREIRA, D.C.; PINA, S.A.M.; RUSCHEL, R.C.; SILVA, V.G. da; LABAKI, L.C. & PETRECHE, J.R.D., **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v.6, n.2, p. 07-19, abr./jun. 2006.
- KRUGER, C. & CROSS, N., **Solution driven versus problem driven design: strategies and outcomes.** Design Studies, v.27, p 527-548, 2006.
- LABAKI, L.C. & BUENO-BARTHOLOMEI, C.L., **Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares na rede pública, Campinas – SP.** In: ENCAC – VI Encontro Nacional e III Encontro latino-americano sobre conforto no ambiente construído, São Pedro, SP, 11 a 14 de novembro de 2001. Anais. CD-ROM.
- LIPPMAN, P.C., **Evidence-based design of elementary and secondary schools. A responsive approach to creating learning environments.** John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 2010.
- MARKUS, T.A., **Lessons from the design quality indicator.** Building Research and Information. 2003, v31, n5, pp399-405.
- MOREIRA, D. De Carvalho & KOWALTOWSKI, D.C.C.K., **Discussão sobre a importância do programa de necessidades para a qualidade no processo de projeto em arquitetura.** Revista ANTAC, Ambiente Construído, jun 2009, v. 9, n. 2 pp. 31-45.
- MÜLLER, C.M. **Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental: o processo metodológico para elaboração de um anteprojeto.** Dissertação. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.
- NAIR, P. & FIELDING, R., **The language of school design. Design patterns for the 21th century school.** 2ed. National Clearinghouse for Educational Facilities. Índia, 2005.
- ORNSTEIN, S.W. & BORELLI NETO, J., **O desempenho de edifícios da rede estadual de ensino – O caso da Grande São Paulo.** São Paulo: FAU – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1996.
- ORNSTEIN, S.W. & MOREIRA, N.S., **Evaluating School Facilities in Brazil.** OECD/PEB – Program on Educational Building Department), 2008.
- ORNSTEIN, S.W., **Post-occupancy evaluation in Brazil. Evaluating Quality in Educational Facilities.** OECD/PEB – Program on Educational Building Department), 2005.
- PIZARRO, P.R. **Estudo das variáveis d conforto térmico e luminoso em ambientes escolares.** Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial). UNESP - Universidade Estadual Paulista (Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação). 155p. Bauru, São Paulo, 2005.
- RHEINGANTZ, P.A.; AZEVEDO, G.A.N.; BRASILEIRO, A.; ALCANTRA, D.; QUEIROZ, M. **Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação.** Editora FAPERJ Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.
- SANOFF, H., **School buildings assessment methods.** National Clearinghouse for Educational facilities. Washington, DC., 2001.
- SANOFF, H., **School design.** New York: John Willey and Sons, INC; 1994.
- STADLER, W; & DAUER, J., **Multicriteria optimization in engineering: a tutorial and survey.** In: Seebass, R. (editor) Structural Optimization: status and promise. Astronautics and aeronautics. USA: Manohar P. Kamat, 1992, p.209-244.
- TAYLOR, A., **Linking Architecture and Education: Sustainable Design of Learning Environments.** University of New Mexico Press, 2009.
- THOMSON, D.S.; AUSTIN, S.A.; DEVINE-WRIGHT, H. & MILLS, G.R., **Managing value and quality in design.** Building Research and Information. 2003, v31, n5, pp334-345.
- VOORDT, T.J.M van der & WEGEN, H.B.R. van., **Architecture in use. An introduction to the programming, design and evaluation of buildings.** Oxford: Elsevier, 2005.
- WALDEN, R., **Schools for the future. Design Proposals from Architectural Psychology.** Hogrefe & Hubers Publishers. Germany, 2009.
- WINKEL, S.R.; COLLINS, D.S.; JUROSZEK, S.P. & CHING, F.D.K., **Building Codes Illustrated for Elementary and secondary schools.** A guide to understanding the 2006 INTERNATIONAL BUILDING CODE. John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- WOTTON, Sir H. **The Elements of Architecture,** John Bill, London, 1624.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro recebido para o desenvolvimento da pesquisa.