



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

MATERIAIS DE ACABAMENTO NA ESCOLA PADRÃO DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO: UMA REFLEXÃO BASEADA NA SUSTENTABILIDADE

Rosângela F. S. Paes (1); Leopoldo E. G. Bastos (2)

(1) Arquiteta, M.Sc. pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil – e-mail: rfulche@oi.com.br

(2) Engenheiro Industrial Mecânico, DSc. Bolsista Produtividade em Pesquisa CNPq; Professor do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil – e-mail: leopoldobastos@gmail.com

RESUMO

A indústria da construção civil é uma das atividades humanas com maior impacto no meio ambiente e, notadamente, com destaque negativo para a produção de materiais. Uma melhoria neste quadro só se dará quando forem incorporados os conceitos de sustentabilidade ao projeto das edificações. No caso da edificação escolar, esta questão deve ser ainda mais valorizada, pois caso o ambiente construído seja adequado poderá contribuir como um facilitador para as atividades de ensino e aprendizagem. O presente trabalho pretende contribuir para o processo de projeto arquitetônico e tem por objetivo discutir, com base na dimensão ambiental da sustentabilidade, sobre os principais critérios que devem ser considerados para a seleção dos materiais de acabamento para as escolas públicas. Como estudo de caso, enfocam-se aquelas situadas na cidade do Rio de Janeiro. Apresenta-se uma descrição sobre as metodologias correntes relacionadas à avaliação de desempenho dos materiais de construção em geral, enfatizando-se a limitação ainda corrente sobre a carência da declaração ambiental de um material ou produto baseada na análise do ciclo de vida. Em decorrência, é proposto um método de análise fundamentado na identificação das principais características desejáveis aos materiais destinados a cada projeto. Particularmente, para as escolas públicas, são identificadas quais as características requeridas para os materiais de acabamento com base na sustentabilidade. Com base neste elenco de características desejáveis, são analisados os principais materiais de acabamento utilizados no modelo arquitetônico – intitulado Escola Padrão – que vem sendo implantado em diversos sítios para abrigar as escolas municipais do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: construção sustentável; arquitetura escolar; materiais de acabamento.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, são grandes os motivos de preocupação com os problemas ambientais vividos pelo planeta, em decorrência da poluição gerada pelas diversas atividades humanas. Momentos de crise, como o agora vivenciado com mudanças climáticas e aquecimento global, induzem à conscientização e impulsionam as pesquisas voltadas para a preservação ambiental. Constata-se também que a redução dos impactos nocivos produzidos pelo homem somente poderá ser conseguida através da adoção do desenvolvimento sustentável, de modo a estabelecer um estado de permanente equilíbrio entre os aspectos ambientais, econômicos e sócio-culturais.

A indústria da construção civil se destaca como uma das atividades humanas com maior impacto sobre o meio ambiente. Por outro lado, sua magnitude sócio-econômica é essencial para uma melhor qualidade de vida, principalmente em países em desenvolvimento, onde há uma generalizada carência de habitações, escolas e hospitais. Sendo assim, compreende-se que não há como alcançar o desenvolvimento sustentável sem que haja uma política voltada para o setor da construção civil. A edificação deve ser resultado da incorporação de parâmetros, valores e diretrizes de sustentabilidade ao longo do projeto, da construção e da ocupação, estendendo-se até a uma possível reabilitação ou demolição.

No contexto apresentado, a atividade de produção dos materiais concorre com peso considerável nos impactos ambientais nocivos. Uma adequada e consciente seleção de materiais pode muito contribuir para uma redução destes impactos. O presente trabalho tem o objetivo de tratar esta relevante questão, com enfoque nos materiais de acabamento.

A edificação escolar, onde as questões de sustentabilidade devem ser ainda mais valorizadas, foi escolhida como objeto de estudo. Esta valorização se dá porque o papel desempenhado pelo ambiente educacional, no processo de construção do conhecimento, exige que a edificação esteja profundamente comprometida com os valores a serem transmitidos aos cidadãos em formação que ali se encontram.

2 MATERIAIS DESTINADOS À CONSTRUÇÃO

2.1 Avaliação do Desempenho

A partir da publicação da Agenda 21 - ambicioso plano de ação global para o século atual, gerado na UNCED¹, adotado por 178 governos, entre eles o do Brasil - os diversos setores da sociedade iniciaram um processo de interpretação deste documento em função de seus contextos específicos. No setor da construção civil, resultaram: a *Agenda Habitat II*, assinada na Conferência das Nações Unidas realizada em Istambul, em 1996; a *CIB² Agenda 21 on Sustainable Construction* (CIB, 1999); e a *CIB/UNEP³ Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries*, de 2002 (SILVA, 2003). Nestes documentos são explicitadas as questões relevantes e quais mudanças e estratégias poderiam ser adotadas para o desenvolvimento sustentável do setor. Entre as que dizem respeito à produção dos materiais destinados à construção estão: redução do consumo de energia no processo de produção; eliminação ou redução de emissões de poluentes para a atmosfera; redução do consumo de recursos naturais; redução dos resíduos; geração de empregos; possibilidades de aperfeiçoamento dos trabalhadores; qualidade do ambiente de trabalho; e promoção da economia local (GRIGOLETTI e SATTLER, 2003). Neste contexto, há um enorme trabalho a ser realizado quanto aos produtos e aos meios de produção para orientar a construção civil no caminho da sustentabilidade.

A metodologia aceita internacionalmente para avaliação dos impactos ambientais de produtos industrializados ou de serviços é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que trata dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais ao longo da vida de um produto, desde a extração da matéria-prima, passando pela produção, distribuição, uso e posterior descarte ou reciclagem, constante das

¹ United Nations Conference on Environment and Development), também comumente referida como Earth Summit e ECO'92, realizada no Rio de Janeiro, em 1992.

² International Council for Research and Innovation in Building and Construction.

³ United Nations Environment Programme.

normas da série ISO 14040 (no Brasil série NBR ISO 14040).

Com base na ACV, a Rotulagem Ambiental é um mecanismo de comunicação com o mercado sobre os aspectos ambientais de um produto ou serviço. O processo é praticado em vários países⁴, porém com formas de abordagem e objetivos diferentes. Em virtude da proliferação de rótulos e selos ambientais no mercado e da necessidade de se estabelecerem padrões e regras para o seu uso adequado, a ISO elaborou uma classificação⁵ e desenvolveu uma série de normas destinadas à Rotulagem Ambiental.

Dentre as normas publicadas há uma específica para produtos destinados à construção. Trata-se da *ISO 21930:2007 - Sustainability in building construction -- Environmental declaration of building products*, que estabelece princípios e requisitos para as declarações ambientais de tipo III dos produtos destinados à construção. Observa-se que é urgente a regulamentação desta norma no país, visando-se não somente a sustentabilidade nas construções, mas também aos interesses comerciais de exportação, como já praticados por emergentes como a Malásia e Cingapura, (LEMOS, 2010).

Como suporte a decisões e ao projeto há uma série de ferramentas computacionais de ACV para medir ou comparar o desempenho ambiental de materiais e produtos da construção civil, como o *BEES® -- Building for Environmental and Economic Sustainability*, do *NIST-National Institute of Standards and Technology/Green Building Program*, (LIPPIATT,2007). Esta ferramenta possibilita o desenvolvimento e aplicação de uma sistemática na seleção de materiais construtivos e produtos para a edificação, através de um balanço entre os desempenhos econômico e ambiental. Apesar de ser um software voltado para a realidade norte-americana, podem-se extrair elementos, como critérios e indicadores, que sejam úteis a estudos voltados para a realidade brasileira.

Apesar da disponibilidade destas ferramentas, constata-se que há da parte da indústria certo atraso na aplicação da análise do ciclo de vida aos materiais de construção e acabamento, e a não disponibilização das declarações ambientais de seus produtos. Mesmo nos EUA as “environmental product declarations” (EPDs), encontram-se no nascedouro, segundo Tobias (2010).

O mesmo problema de carência e completude das declarações ambientais de produtos foi encontrado no Brasil para painéis de vedação para edifícios estruturados em aço, como indica Machado (2010). Portanto, faz-se necessário seguir no momento algum procedimento para que seja assegurado um menor impacto ambiental pelos materiais e produtos usados na construção civil.

2.2 Metodologia Adotada

Face à problemática exposta, sugere-se como uma possibilidade de enfoque a identificação das principais *características desejáveis* aos materiais a serem utilizados, com base nas especificidades de cada projeto e nos requerimentos apresentados pela sustentabilidade. Considera-se, então, que um maior acúmulo de características desejáveis tornará um material preferencial a outro. Desta forma pretende-se tratar os diversos aspectos a serem considerados, pelo profissional comprometido com a sustentabilidade, para a especificação dos materiais construtivos – mais especificamente os materiais de acabamento – no projeto de arquitetura para as Escolas Públicas, enfocando-se aquelas da cidade do Rio de Janeiro. Após o exame destas características, feito através de pesquisa bibliográfica, apresenta-se uma seleção dos materiais de acabamento mais representativos na rede pública em questão. O trabalho é finalizado com o confronto das características dos materiais selecionados com aquelas consideradas desejáveis.

⁴ A iniciativa mais antiga é da Alemanha (Blue Angel, 1978), seguida pelos países nórdicos (Nordic Swan, 1988), Canadá (Environmental Choice, 1988), Japão (Eco-Mark, 1989), Estados Unidos (Green Seal, 1990), França (NF-Environnement, 1991), Índia (Eco Mark, 1991), Coréia (Eco Mark), Cingapura (Green Label), Nova Zelândia (Environmental Choice) e União Européia (European Ecolabelling), todos em 1992, e Espanha (AENOR, 1993). Por iniciativa da organização Green Seal, foi criada recentemente uma rede mundial de rotulagem ambiental, denominada Global Ecollabeling Network – GEN. Fonte: Instituto Brasil PNUMA, http://www.brasilpnuma.org.br/pordentro/saibamais_iso14000.htm, em abr. 2010.

⁵ Classificação da rotulagem ambiental: Tipo I - Programa voluntário de terceira-parte (Selo verde), nele não existe a obrigatoriedade de uma avaliação do ciclo de vida; Tipo II - Autodeclaração ambiental informativa; Tipo III - Programa voluntário de terceira-parte, baseado obrigatoriamente numa avaliação de ciclo de vida; Tipo IV - Rótulo referente apenas a um aspecto ambiental do produto. Fonte: acv.ibict.br, em abr.2010.

3 OS MATERIAIS PARA A EDIFICAÇÃO ESCOLAR

3.1 Identificação das Características Desejáveis

Na seleção dos materiais para escolas, existem alguns critérios de avaliação que necessariamente são utilizados, tais como: adequação ao uso; facilidade de reposição, manutenção e limpeza; segurança e estética. Cabe destacar a importância destas questões. No entanto, pela limitação de espaço, e por considerar estes parâmetros como já estabelecidos, eles aqui não serão abordados, optando-se por dar enfoque aos critérios mais recentemente valorizados, a partir do conceito de sustentabilidade.

Nesse direcionamento, tem-se como importante referência bibliográfica o CHPS⁶ (2006, v.2), que recomenda, para projetos de prédios escolares com alto desempenho, que se trabalhe com *materiais ambientalmente preferenciais*, entendendo-se que sejam: duráveis, salubres, produzidos com material reciclado, recicláveis, reutilizados, reutilizáveis, oriundos de uma produção responsável, ambientalmente benignos, de baixo conteúdo energético, produzidos com matéria-prima rapidamente renovável, produzidos com subprodutos industriais, comercializados de forma ambientalmente responsável e preferencialmente produzidos a uma distância máxima de 800 km. O manual destaca ainda que para que haja sentido na denominação “alto desempenho”, é importante assegurar que um número significativo de materiais utilizados na construção possua um ou mais dos atributos mencionados anteriormente.

O presente trabalho considera que os critérios definidos pelo CHPS podem servir como referência, desde que transpostos adequadamente para a realidade brasileira. Além disso, são acrescentados outros quesitos considerados essenciais como o conforto ambiental (higrotérmico, acústico e visual) e a responsabilidade social dos fabricantes.

3.2 Questões a Serem Analisadas

Com base nas características desejáveis identificadas e de forma bastante sucinta, a seguir são apresentadas as principais questões a serem analisadas para a *especificação dos materiais de acabamento* para as Escolas Públicas da cidade do Rio de Janeiro. Maiores detalhes podem ser encontrados em Paes (2008).

3.2.1 Desempenho Térmico

As características térmicas e de comportamento face à energia solar (absorção, reflexão ou transmissão) dos materiais adotados para a envoltória da edificação, interferem diretamente no desempenho térmico de todo o conjunto.

3.2.2 Desempenho Visual

Os materiais de construção e especialmente os de acabamento, exercem forte influência na percepção que se tem do espaço construído. Cores, texturas e transparências atuam diretamente tanto na distribuição de luz no ambiente, quanto no despertar de emoções e sensações em seus usuários.

3.2.3 Desempenho Acústico

Com relação à acústica é mister, para a definição do sistema construtivo e dos materiais, se considerar o *Isolamento acústico* – proporcionado por materiais com alta densidade, formando barreira que dificulta a passagem da onda sonora de um recinto a outro; e a *Absorção acústica* - referente a materiais com pequena densidade, fibrosos ou com poros abertos, que atenuam a reflexão das ondas sonoras em um mesmo ambiente (reverberação).

⁶ No estado da Califórnia (EUA), foi criado em 1999 o Collaborative for High Performance Schools, aqui referido como CHPS, quando órgãos ligados a produção e fornecimento de energia se reuniram em busca da melhor forma de promover o alto desempenho nas escolas. Esta parceria foi aos poucos recebendo novas adesões e hoje, como uma organização sem fins lucrativos, oferece: autocertificação e programa de reconhecimento; treinamento para profissionais de projeto; manual prático; e orientação quanto a recursos (materiais e serviços) com alto desempenho. Fonte: www.chps.net, em abr.2010.

3.2.4 Promoção da Qualidade do Ar Interior

De acordo com o CHPS (2006, v.3, p.85), devem ser selecionados materiais que tenham sido satisfatoriamente testados e aprovados quanto à baixa emissão de poluentes, tais como compostos orgânicos voláteis (COV) e toxinas. Os COV emitidos pelos materiais de construção e de acabamento de base polimérica afetam diretamente a qualidade do ar interior, causando desconforto e danos à saúde dos usuários. Ainda devem ser evitados os revestimentos porosos, pois estes liberam fibras, permitem a acumulação de poeira e criam um ambiente propício para a proliferação de agentes biológicos, tais como bactérias, fungos e ácaros. A questão é especialmente delicada em escolas porque as crianças são mais suscetíveis aos poluentes que os adultos.

3.2.5 Durabilidade

Conforme destaca John (2010), o aumento da durabilidade dos produtos utilizados na construção é um fator importante para a sustentabilidade, pois conduz a uma mais lenta redução dos estoques de recursos materiais; diminui a ação de degradação do meio ambiente (considerando a vastidão de impactos envolvidos ao longo do ciclo de vida de um produto); economiza recursos preciosos como energia e água; e traz benefícios diretamente relacionados aos aspectos sociais e econômicos. É essencial o compromisso com a formação de um estoque de construções de qualidade em todo o país, sob pena, conforme alertam John e Sato (2006, p.22), de condenação a uma reconstrução permanente, com enormes custos econômicos, sociais e ambientais.

A durabilidade não decorre apenas das características do material, sendo também o resultado da interação deste com o ambiente que o cerca, incluindo aspectos de microclima. A escolha dos materiais, a qualidade do projeto e de execução da obra, assim como o uso adequado e a manutenção preventiva são decisivos para o resultado desta interação.

3.2.6 Otimização do Consumo de Recursos Naturais⁷

Com a finalidade de otimizar o consumo de recursos naturais no setor da construção civil deve-se trabalhar basicamente com *durabilidade, minimização das perdas e redução do consumo de água*.

A questão das perdas pode ser conceituada, de acordo com Agopyan et al (1998), como “todo recurso que se gasta para executar um produto sem agregar valor ao mesmo”. Assim, recursos relacionados com a produção indesejável são considerados como perdas. Este consumo desnecessário de materiais pode ocorrer nas fases de concepção, execução e utilização do empreendimento. Ressalta-se que o detalhamento de projeto, a qualidade dos materiais e a racionalização de projeto e construção são poderosos aliados na batalha contra as perdas na execução da edificação.

Quanto à redução do consumo de água durante a obra, deve ser considerada a possibilidade de utilização de materiais cuja execução/instalação não envolva ou use um mínimo de água, por exemplo, através da redução de utilização de argamassas.

3.2.7 Reutilização

Além de evitar os impactos causados pelo descarte de resíduos, a reutilização evita os impactos decorrentes da extração de matérias-primas, e a produção e distribuição de um novo elemento material. Alguns produtos como esquadrias, tijolos, pedras, peças de madeira, tubulações, luminárias, metais e acessórios, apresentam um natural potencial de reutilização.

Na construção de edificações públicas, a possibilidade de reutilização de materiais é remota. No entanto, deve-se atentar para a possibilidade futura de reutilização, a partir de reformas ou da demolição. A escolha dos materiais, sempre que possível, deve possibilitar esta reutilização, assim como o detalhamento de projeto deve facilitar o desmonte. Para a fixação de elementos passíveis de

⁷ Aqui o termo “recursos naturais” faz referência apenas às matérias-primas e à água. A questão energética será tratada no item intitulado Conteúdo Energético.

reutilização, deve-se evitar ao máximo o uso de soldas, colas e outras formas de fixação que dificultem ou inviabilizem o desmonte, dando-se preferência a peças encaixadas e parafusadas.

3.2.8 Reciclagem

A reciclagem de resíduos, próprios ou gerados pelos demais setores industriais, é uma das tendências para diminuição dos impactos ambientais da construção civil. De acordo com John (2010), suas principais vantagens são minimizar os impactos causados pelo descarte e economizar matéria-prima. Além de, em muitos casos, reduzir o consumo de energia e/ou poluição gerada, produzir materiais com melhor desempenho técnico ou com menor custo.

3.2.9 Conteúdo Energético

O conteúdo energético da edificação corresponde à energia consumida por todos os processos associados com a sua produção e manutenção; incluindo aquisição dos recursos naturais, fabricação dos materiais, transporte, construção, manutenção e reparos do edifício.

Tavares e Lamberts (2004, apud TAVARES e LAMBERTS 2005) indicam que apesar das etapas operacionais apresentarem a maior parte do consumo energético no ciclo de vida da edificação, as etapas pré-operacionais também são significativas podendo chegar a 40% do consumo operacional. Apesar disso, no Brasil, ainda há poucos estudos para investigar e mensurar o consumo de energia nestas etapas. Observa-se também que além da quantidade de energia consumida, é de grande importância considerar a natureza da fonte energética e os impactos gerados na produção, distribuição e consumo desta energia.

3.2.10 Proteção ao Meio Ambiente

Os principais impactos relacionados ao uso de recursos naturais dizem respeito à degradação das áreas de extração da matéria-prima; ao esgotamento de recursos, se estes não forem renováveis; e à geração de rejeitos lançados ao solo ou corpos d'água, contaminando-os ou degradando-os. Emissões de alguns gases poluentes atmosféricos geram o efeito estufa, a destruição da camada de ozônio e a chuva ácida. Estes impactos estão relacionados ao transporte, ao uso de energéticos e à liberação de gases durante o processo produtivo. Portanto, deve-se dar preferência aos materiais produzidos responsávelmente - extraídos, cultivados ou manufaturados de forma ambientalmente amigável.

A seleção também deve considerar o desempenho dos materiais na fase de execução da edificação, relacionado com os consumos de energia e água, controle de erosão, geração de odores, ruídos, excesso de perdas (resíduos ou perdas incorporadas), emissões, dejetos, quantidade de embalagens, etc. A adoção de uma política de gestão ambiental, pelas empresas de construção civil, constitui uma forma efetiva de procurar reduzir esses impactos. Finalmente, deve-se considerar o descarte, devido ao grande volume de resíduos gerado nas ocasiões de reforma ou demolição da construção.

3.2.11 Disponibilidade de Recursos

O setor da construção civil é um dos maiores consumidores de recursos do planeta. Além da enorme quantidade de energia envolvida nas atividades do setor, existe todo o volume de recursos naturais consumidos. A maior parte destes recursos não é renovável, requerendo o uso eficiente combinado com a reciclagem realizada a curtos intervalos.

Deve-se reduzir a quantidade de recursos naturais utilizados; explorar os recursos renováveis de acordo com os limites biológicos e a capacidade de produção da biosfera; explorar os recursos não-renováveis de modo a priorizar aqueles que possuam maior reserva natural; e estimular a incorporação de resíduos a novos materiais em substituição à utilização única de recursos naturais.

3.2.12 Regionalidade

Este é um dos mais importantes critérios a serem atendidos. A máxima exploração dos materiais nativos atinge resultados extremamente benéficos em todas as dimensões da sustentabilidade:

- Desenvolvimento regional - A utilização de produtos manufaturados a partir de minerais extraídos de reservas regionais ou matérias-primas renováveis cultivadas localmente, a valorização de indústrias instaladas nas proximidades, assim como o aproveitamento da mão-de-obra local; tudo isso contribui para o desenvolvimento econômico e social da região.
- Redução de distâncias percorridas - O alto consumo de energia e, com ele, a emissão de poluentes atmosféricos (através da queima de combustíveis) estão diretamente relacionados ao transporte. Portanto, a redução de ambos passa pela redução das distâncias a serem percorridas, através do uso de insumos locais e do consumo de produtos gerados localmente.
- Valorização da comunidade - De forma a estabelecer uma conexão entre a instituição, a comunidade e o entorno, é importante que a edificação seja concebida valorizando o contexto sócio-histórico-cultural em que estará inserida. Bons resultados podem ser obtidos através da inclusão de elementos tradicionais da arquitetura local, assim como da utilização de materiais e sistemas construtivos típicos da região, pois estes guardam uma relação direta com o estilo de vida daqueles usuários.

3.2.13 Responsabilidade Social dos Fabricantes

No âmbito empresarial, a responsabilidade social é o conceito que alinha o comportamento das organizações às perspectivas da sustentabilidade. De acordo com o Instituto Ethos (2010), considerando que a incorporação de objetivos sociais e ambientais aos objetivos econômicos das empresas é parte indispensável do modelo de desenvolvimento de uma sociedade sustentável, torna-se primordial que as empresas adotem um comportamento socialmente responsável na gestão de seus negócios, baseado em uma relação ética, transparente e solidária com todos os públicos afetados por suas atividades e pelo estabelecimento de metas empresariais compatíveis com o desenvolvimento sustentável da sociedade, preservando recursos ambientais e culturais para as gerações futuras, respeitando a diversidade e promovendo a redução das desigualdades sociais.

Os profissionais responsáveis pela aquisição de produtos, seja através da elaboração de especificações ou da atividade direta de compra, estão profundamente compromissados com esta questão. A seleção de fornecedores é fundamental.

4 ESCOLAS PÚBLICAS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO - O CASO DA ESCOLA PADRÃO

4.1 Caracterização

O Programa de Modernização da Rede Pública Municipal de Ensino do Rio de Janeiro, denominado Projeto Escola Padrão, foi convertido em arquitetura entre 2001 e 2002 pela Coordenação de Projetos Especiais da RIO-URBE – Empresa Municipal de Urbanização. Seu partido arquitetônico é caracterizado pela verticalização e concepção modular, visando à acomodação em diversos tipos de terreno e à implantação de equipamentos esportivos na área externa. O modelo construtivo é formado por estrutura metálica ou pré-fabricada de concreto, alvenaria cerâmica convencional, cobertura em telhas metálicas termo-acústicas, janelas de alumínio e portas internas de madeira com pintura.

Procurou-se de início identificar os materiais mais freqüentemente utilizados pela Rede Pública Municipal do Rio de Janeiro, assim como suas vantagens e desvantagens, maiores detalhes são encontrados em Paes (2008). Além disso, a investigação incluiu uma visita à primeira unidade construída segundo o modelo “Escola Padrão” – E.M. Tia Ciata, Av. Presidente Vargas s/nº, Cidade Nova - e a realização de entrevistas com profissionais envolvidos no projeto, construção e manutenção da referida Rede.



Figura 1 – Fachada Principal (a) e Fachada Lateral (b) da E.M. Tia Ciata



Figura 2 – Administração (a), Sala de Aula (b) e Circulações (c) e (d) no interior da E.M. Tia Ciata

4.2 Avaliação dos Materiais Utilizados

Com base nas questões apresentadas no item 3.2, e através de pesquisa bibliográfica, entrevistas, observação e análise, realizadas por Paes (2008), foram avaliados os materiais de acabamento predominantes no modelo arquitetônico selecionado. Os resultados estão apresentados de forma resumida nas tabelas 1-5 a seguir.

Tabela 1 - Revestimento Cerâmico para Pisos e Paredes

Vantagens	Desvantagens
Faz parte da tradição arquitetônica local	Alto custo inicial
Baixo custo de ciclo de vida - grande durabilidade e pequena manutenção	Médio conteúdo energético
Níveis nulos ou mínimos de emissões tóxicas na fase de utilização - cerâmicas esmaltadas e cozidas geralmente dispensam selantes	Alternativas com conteúdo reciclado ainda artesanais e inviáveis para escolas
Sua matéria-prima (a argila), apesar de não renovável, é considerada abundante em território nacional	Desperdício de material caso projeto e execução não sejam racionalizados
Materiais cerâmicos requerem menor industrialização que cimentícios, metálicos ou plásticos	Superfície acusticamente reflexiva
Regionalidade - principais pólos cerâmicos brasileiros estão situados na região SE	Desconforto tátil
De fácil limpeza e manutenção	
Algumas empresas já divulgam a adoção de medidas de proteção ao meio ambiente na fase de fabricação	
É reciclável	

Tabela 2 - Piso Monolítico de Alta Resistência

Vantagens	Desvantagens
Baixíssimo custo de ciclo de vida - enorme durabilidade e pequena manutenção	Alto custo inicial
Regionalidade - o maior número de fabricantes encontra-se	Alto conteúdo energético

na região SE	
Níveis baixos de emissões tóxicas na fase de utilização - para base cimentícia e desde que não sejam freqüentemente encerados	Produção de poeira e ruído durante a execução - para base cimentícia
Apesar de produzida com matérias-primas não-renováveis, estas são consideradas abundantes em território nacional	Uso intensivo de água na execução
De fácil limpeza e manutenção	Reflexivo acusticamente
É reciclável	Desconforto tátil

Tabela 3 - Piso Vinílico

Vantagens	Desvantagens
Média durabilidade	O PVC é um produto comprovadamente tóxico principalmente na fase de produção e em caso de combustão
Médio custo inicial	Fixação feita com o uso de adesivo
Regionalidade - fabricado na região SE	Alto conteúdo energético
Razoável desempenho acústico (com 3mm de espessura)	Produtos de limpeza e manutenção são fontes significativas de poluição interna
Sua principal matéria-prima (o cloro) é renovável	Opcões para reciclagem do PVC são limitadas
De fácil limpeza e manutenção	

Tabela 4 - Tintas

Vantagens	Desvantagens
Baixo custo inicial	Pode ser altamente tóxica na produção, na aplicação e na utilização, mas já existem produtos menos prejudiciais oferecidos no mercado
Regionalidade - vários fabricantes encontrados na região SE	Pequena durabilidade
	Alto conteúdo energético
	Superfície acusticamente reflexiva
	Possibilidade de limpeza bastante limitada

Tabela 5 - Forro de Gesso

Vantagens	Desvantagens
Apesar de produzida com matéria-prima não-renovável, a gipsita é considerada abundante em território nacional	A extração da gipsita se concentra em Pernambuco
Baixo custo	Fontes de energia atualmente utilizadas com freqüência pelo setor são problemáticas (lenha proveniente de desmatamento)
De fácil instalação e substituição (se for utilizado em placas)	A prática da reciclagem ainda não se estabeleceu no Brasil
Bom desempenho acústico (para placas perfuradas)	

5 CONCLUSÕES

A questão da seleção de materiais para a construção civil é extremamente abrangente - especialmente tratando-se da sustentabilidade. De modo que o arquiteto deve procurar no projeto soluções que minimizem os impactos negativos e maximizem os pontos positivos na relação da edificação com o meio ambiente e o usuário. As pesquisas na área de ACV se deparam com dificuldades como a falta de disponibilidade ou qualidade dos dados pertinentes. No Brasil, estas dificuldades acentuam-se pela ausência de bases de dados relativas aos impactos ambientais dos materiais de construção. Estes entraves podem ser percebidos em diversos trabalhos acadêmicos nacionais onde, na maioria dos casos, optou-se pela concentração em etapa específica da vida do material estudado e não em toda a sua existência. Cita-se, como exemplo, Carvalho (2002). É essencial uma intensificação dos estudos na área, trazendo subsídios para um adequado e consciente trabalho de especificação.

Para uma adequação à sustentabilidade e às limitações de uma realidade local, vislumbra-se, como solução atual, o procedimento da busca pela escolha consciente dos materiais e produtos, onde deve ser procurado uma satisfação ao maior número possível de condições e, principalmente, a *priorização*

das características fundamentais de cada projeto.

À luz desse critério, o presente trabalho apresentou um confronto das características dos materiais selecionados com aquelas consideradas desejáveis aos mesmos, para aplicabilidades específicas, no modelo selecionado de edificação escolar pública da cidade do Rio de Janeiro.

Uma análise mais aprofundada dos resultados apresentados pode gerar uma série de importantes considerações. Por exemplo, observa-se que há vantagens no uso do material cerâmico, e que este poderá ter uma utilização sustentável caso haja um avanço em questões como reciclagem e racionalização no projeto e execução da obra. O piso vinílico, por outro lado, apresenta desvantagens suficientes para desmotivar a continuidade de sua utilização em ambientes escolares.

6 REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A. **Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**, relatório final. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998.

CARVALHO, J. **Análise de Ciclo de Vida ambiental aplicada à construção civil – Estudo de Caso: Comparação entre Cimentos Portland com adição de resíduos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. São Paulo: EPUSP, 2002.

CHPS -*Colaborative for High Performance Schools – Best Practices Manual: Volume I - Planning* (2006); *Volume II - Design* (2006); *Volume III - Criteria* (2006); *Volume IV - Maintenance & Operations* (2004); *Volume V - Commissioning* (2006) e *Volume VI - Relocatable* (2006). California, U.S.

GRIGOLETTI, G.C.; SATTLER, M.A. **Estratégias ambientais para indústrias de cerâmica vermelha do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Revista Ambiente Construído, ANTAC, v.3, n.3, p. 19-32, jul./set. 2003.

INSTITUTO ETHOS. *Home Page:* <http://www.ethos.org.br> . Acesso em abr 2010.

JOHN, V. M.; SATO, N.M.N. **Durabilidade de componentes da construção**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. Coletânea Habitare, vol. 7, cap. 2, p. 20-57.

JOHN, V.m. **Por que durabilidade?** São Paulo, Texto técnico: Fórum da Construção. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br> . Acesso em abr.2010.

LEMOS, H.M. **As Normas ISO 14000**. Disponível em:
http://www.brasilpnuma.org.br/pordentro/saibamais_iso14000.htm, Acesso em abr. 2010

LIPPIATT, B.C. **BEES® 4.0 – Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide**. Gaithersburg, Maryland: NIST – National Institute of Standards and Technology. Technology Administration, U.S. Department of Commerce, 2007.

MACHADO, R.C. **Aspectos da Sustentabilidade Ambiental nos Edifícios Estruturados em Aço**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Ouro Preto-MG: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto, 2010.

PAES, R.F.S. **Materiais de Construção e Acabamento para Escolas Públicas na Cidade do Rio de Janeiro: Uma Reflexão sob Critérios de Sustentabilidade**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 2008.

SILVA, V.G. **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e base Metodológica**. Tese de Doutorado em Engenharia. São Paulo: EPUSP, 2003.

TAVARES, S.F.; LAMBERTS, R. **Consumo de Energia para Construção, Operação e Manutenção das Edificações Residenciais no Brasil**. Maceió: ENCAC-ELACAC 2005.

TOBIAS, L. **Building the Next Big Thing: Int'l Standards for Green Labels**. Disponível em: <http://www.greenbiz.com/bio/leanne-tobias>. Acesso em julho 2010.