

# **METODOLOGIAS E PROCEDIMENTOS SUSTENTÁVEIS NA GESTÃO PREDIAL DE ESCOLAS MUNICIPAIS**

**GRUPO:**

**Arq. Carlos Augusto F. Oliveira Góes – Fundação Planetário**

**Arq. Vanessa Ameixoeira - Instituto Rio Patrimônio da Humanidade**

**Arq. Marcelo Fonseca – SMU**

**Eng. Teresinha Effren - Fundação Rio-Águas**

**Arq. Victor Castro - Rio-Urbe**

**Rio de Janeiro, Junho de 2016**

# METODOLOGIAS E PROCEDIMENTOS SUSTENTÁVEIS NA GESTÃO PREDIAL DE ESCOLAS MUNICIPAIS

## APRESENTAÇÃO

A Cidade do Rio de Janeiro possui a maior Rede Municipal de Ensino do Brasil. Esse imenso conjunto de prédios escolares, cerca de 1350 unidades administradas pela Secretaria Municipal de Educação<sup>1</sup> tem um grande impacto em termos de consumos prediais (energia elétrica, gás e água), e demanda grandes investimentos de conservação, manutenção e reformas prediais.

A eficiência desses consumos prediais é hoje um imperativo por duas razões: primeiro, os custos tarifários vêm aumentando dramaticamente; segundo, as perspectivas de escassez futura e as responsabilidades ambientais impostas às organizações tornam obrigatórios os investimentos em consumir menos sem prejuízo da qualidade do atendimento.

A Prefeitura do Rio de Janeiro indicou em seu Planejamento Estratégico 2017-2020 os passos iniciais para a Visão Rio 500, a feição da Cidade em 2065, estruturada em 6 Temas Estratégicos que distribuem de forma transversal as ações estratégicas para os próximos 4 anos. Dois desses Temas convergem para a gestão sustentável dos prédios municipais:

- **Tema 3, Cidade Verde, Sustentável e Resiliente:** propõe o desenvolvimento sustentável rumo ao carbono zero;
- **Tema 6, Governança e Reinvenção Sustentável da Máquina Pública:** propõe uma gestão eficiente, inovadora e orientada para resultados.

A meta de carbono zero exige que as emissões de gases efeito estufa sejam contabilizados, e o diagnóstico das fontes de emissão orientem a formulação de medidas de redução, além de medidas compensatórias. Quando aplicado ao setor predial, essas medidas de redução de emissões de GEE exigem projetos de eficiência no consumo de energia e demais insumos prediais. Por outro lado, a iniciativa de se implantar uma gestão inovadora e orientada para resultados demanda o acompanhamento de marcos de desempenho e a racionalização dos processos. Na gestão predial, o estabelecimento de marcos de desempenho de consumo predial, respostas aos impactos tarifários, implantação de manutenção preditiva e atualizações tecnológicas.

Este trabalho, associado à proposta de monitoramento de emissões de GEE decorrente de consumos prediais, propõe que a organização de informações a respeito dos prédios escolares e a forma como são usados, somadas à aplicação de metodologias de avaliação de eficiência energética, poderão orientar melhores práticas de gestão predial.

---

<sup>1</sup> Quantidade de prédios escolares em funcionamento estimados até o final de 2016.

## ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado nas seguintes Seções:

- I. **Descrição dos edifícios escolares:** a amostra utilizada para avaliação é um conjunto de 21 prédios escolares selecionados pelo COR/Rio Resiliente, acompanhado de dados de consumo em energia elétrica, água e gás natural nos anos de 2014 e 2015;
- II. **Caracterização urbanística das escolas:** a situação, a implantação e os limites construtivos dos edifícios foram associados aos regulamentos urbanísticos e edífícios em vigor;
- III. **Caracterização arquitetônica das escolas:** a evolução da Rede Municipal de Ensino remonta ao período imperial. Ao longo desses anos, a tipologia da arquitetura escolar experimentou diferentes variações, orientado pelas políticas públicas e acompanhando a evolução das tecnologias construtivas. Consolidou-se a prática da implantação de projetos padronizados, criando-se gerações de escolas-padrão. Boa parte desse estoque de edificações já foi classificada pelos tipos arquitetônicos. O aproveitamento desta classificação serviu de referência para as avaliações em grupo;
- IV. **Ocupação e uso dos prédios escolares:** descrição do programa de necessidades das escolas, do pré-escolar ao 2º segmento;
- V. **Reforma, acréscimo e manutenção predial:** aspectos gerais de como são geridas no âmbito da RIO-URBE as obras prediais, com ênfase no programa **Conservando Escolas**.
- VI. **Abordagem bioclimática em projetos arquitetônicos:** principais aspectos de conforto ambiental e sustentabilidade ambiental e ferramentas de apoio aos processos decisórios de projetos de edificações;
- VII. **Metodologias de eficiência energética em edificações:** são apresentadas duas metodologias: uma de **avaliação qualitativa** e outra de **avaliação quantitativa**. O **RTQ-C** avalia o **nível de eficiência energética** de edifícios comerciais, de serviço e públicos. Esta metodologia estabelecida pelo PROCEL e INMETRO no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem PBE-Edifica, aborda a envoltória, os sistemas de iluminação e de ar condicionado. Em seguida, o **Processo de Verificação e Medição** de consumo de energia adotado pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica no âmbito da legislação de eficiência energética, orienta o cálculo da Relação Custo-Benefício para implantação de projetos;
- VIII. **Avaliação de nível de eficiência energética dos prédios escolares:** apresenta-se a aplicação do RTQ-C nos dados de envoltórias de uma amostra dos edifícios escolares;
- IX. **Comentários finais:** são apresentadas sugestões de melhorias nas práticas atuais de gestão dos prédios escolares. O adendo **Introdução à gestão de consumo de água nas edificações** introduz aspectos gerais do **Programa de Conservação de Água (PCA)** e metodologia para implantação de **sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial** em edificações.

## I. DESCRIÇÃO DOS EDIFÍCIOS ESCOLARES:

A Gerência do Projeto Rio Resiliente encaminhou os cadastros arquitetônicos e dados de consumos prediais - energia elétrica, gás natural e água - de 21 prédios escolares da Rede Municipal de Ensino, distribuídos de forma abrangente pelo território da Cidade. Segundo Luciana Nery, gerente do **Projeto Rio Resiliente**, a seleção das escolas buscou a heterogeneidade da amostra, com exemplares de diversos tipos, e implantados em diferentes regiões.

A **Tabela I.1** elenca as escolas selecionadas, e a **Figura I.1** a seguir ilustra sua distribuição no território da Cidade.

Os 21 prédios selecionados são distribuídos de forma equilibrada pelas 11 CREs (Coordenadorias Regionais de Educação): 2 unidades de cada CRE, com exceção da 9ª CRE, com uma escola. Os endereços de algumas escolas estão registrados de forma incompleta. Algumas das localizações foram corrigidas com base em pesquisa no Google Maps e na consulta ao cadastro aerofotogramétrico da Cidade.

A documentação técnica fornecida foi expandida com a obtenção do cadastro disponível na Rio-Urbe – Empresa Municipal de Urbanização, órgão responsável pelas obras de construção, reforma e manutenção dos prédios escolares.

A consulta à Cartela Escolar da SME permitiu conhecer o regime de turnos e horários de funcionamento de cada escola (embora não haja registros dos horários de entrada e saída); e confrontar a quantidade de salas de aula registradas nos desenhos de arquitetura com as efetivamente utilizadas.

A completude das informações de projetos de arquitetura e instalações prediais, bem como de dados de ocupação dos prédios é imprescindível para a avaliação em nível executivo de nível de eficiência energética. A **Tabela I.2** resume as informações encontradas no acervo da Rio-Urbe. A ausência ou discrepância de informações inviabilizaram avaliações consistentes no momento dos seguintes prédios:

- Creches Municipais Sempre Vida Santo Antônio de Pádua e Sempre Vida Colônia dos Pescadores: não foram localizadas na base cadastral e no Google Maps; e não há informações de projeto, salvo uns croquis de levantamento da segunda creche;
- E.M. Sebastião de Lacerda: não há informações de projeto;
- E.Ms. Prof Helton Alvares Veloso de Castro e Roberto Burle Marx: problemas nas bases cadastrais;
- E.M. Brasil: a vista Google Maps registra um aumento de área, tornando o cadastro arquitetônico defasado para avaliação.

**Tabela I.1: Escolas Municipais selecionadas.**

<b>IDENTIFICAÇÃO<sup>2</sup></b>	<b>ENDEREÇO</b>	<b>BAIRRO</b>	<b>AP</b>	<b>CRE</b>
E.M. Dr Cícero Penna	Av. Atlântica, 1976	Copacabana	2	2
CIEP Presidente Salvador Allende	R. Armando Albuquerque s/n	Vila Isabel	2	2
E.M. Tiradentes	Rua Visconde do Rio Branco, 48	Centro	1	1
C.M. Sempre Vida Santo Antônio de Pádua	Rua Laurindo Rabelo, 537	Estácio	1	1
E.M. Thomas Mann	Rua Ferreira de Andrade 195	Cachambi	3	3
E.M. Rio de Janeiro	Rua Peçanha da Silva, 165	Engenho Novo	3	3
E.D.I. Prof. Rubem Gonçalves	Aterrado do Leme, s/n	Santa Cruz	5	10
C.M. Sempre Vida Colônia dos Pescadores	Rua Barreiro Grande, 35	Pedra de Guaratiba	5	10
E.M. Prof. Lavínia de Oliveira Escragnole Dória	Rua 53, 203	Méier	3	11
E.M. Maestro Francisco Braga	Rua Haroldo Lobo, 533, Ilha do Governador	Portuguesa	3	11
E.M. Prof. Helton Alvares Veloso de Castro	Rua Projetada A, Vila Romana	Santíssimo	5	9
E.D.I. Milena Santos Nascimento	Rua Teotônio Vilela com Rua Gilberto Freire s/n	Recreio	4	7
E.M. Roberto Burle Marx	Rua A, Quadra B, Pal 39.024, Condomínio Rio 2	Jacarepaguá	4	7
E.M. Embaixador João Neves da Fontoura	Pça. Das Esmeraldas 23	Rocha Miranda	3	5
E.M. Sebastião de Lacerda	Rua Canudos, S/Nº	Irajá	3	5
E.M. Prof. Wan-tuyl da Silva Cardoso	Rua Olimpia Esteves, S/Nº	Padre Miguel	5	8
E.M. Churchill	Rua Maximiano Machado, S/Nº	Magalhães Bastos	5	8
E.M. Brasil	Rua André Azevedo, S/Nº	Olaria	3	4
E.M. Ministro Plínio Casado	Rua Pequeri, 237 237	Brás de Pina	3	4
E.M. Alípio Miranda Ribeiro	Rua Agenor Porto S/Nº	Coelho Neto	3	6
E.M. Virgílio Francisco Monteiro	Rua Ender, 180	Acari	3	6

<sup>2</sup> E.M.: Escola Municipal; C.M: Creche Municipal; C.I.E.P.: Centro Integrado de Educação Pública, E.D.I.: Espaço de desenvolvimento Infantil

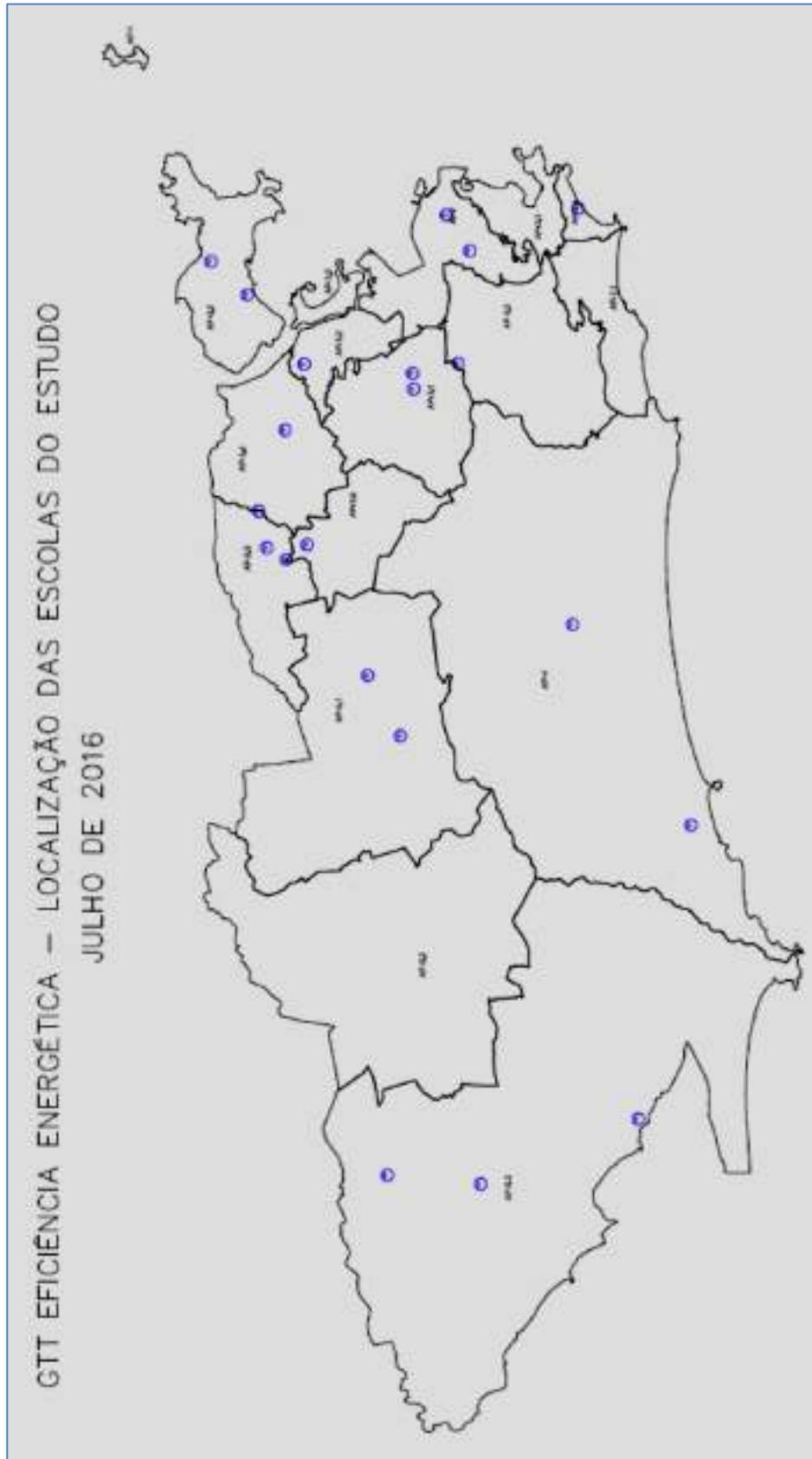


Figura I.1: distribuição das escolas no território da Cidade

Tabela I.2: Informações de cadastros técnicos

IDENTIFICAÇÃO,	INFORMAÇÕES URBANAS		CADASTRO ARQUITETÔNICO						INSTALAÇÕES PREDIAIS	
	BASE CADASTRAL	GOOGLE MAPS	SITUAÇÃO	PAVIMENTOS	CORTES	FACHADAS	COBERTURA	ENVOLTÓRIA	SIST. ILLUMIN/Insts. Elétricas	SIST. AR COND
E.M. Dr Cícero Penna	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
CIEP Presidente Salvador Allende	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
E.M. Tiradentes	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim	Sim	
C.M. Sempre Vida Santo Antônio de Pádua	NÃO	não	não	não	não	não	não	não	não	não
E.M. Thomas Mann	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
E.M. Rio de Janeiro	OK	acréscimo de área	OK	OK	OK	OK	OK	não		
E.D.I. Prof. Rubem Gonçalves	NÃO	não	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
C.M. Sempre Vida Colônia dos Pescadores	NÃO	não	não	croquis	não	não	não	não	não	não
E.M. Prof. Lavínia de Oliveira Escragnolle Dória	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
E.M. Maestro Francisco Braga	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
E.M. Prof. Helton Alvares Veloso de Castro	NÃO	não	OK	OK	OK	OK	OK	sim	Sim	
E.D.I. Milena Santos Nascimento	NÃO	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim	sim	
E.M. Roberto Burle Marx	NÃO	OK	incompleta	OK	OK	OK	OK	sim	Sim	
E.M. Embaixador João Neves da Fontoura	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
E.M. Sebastião de Lacerda	OK	não	não	não	não	não	não	não	não	não
E.M. Prof. Wan-tuyl da Silva Cardoso	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
E.M. Churchill	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
E.M. Brasil	OK	acréscimo de área	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
E.M. Ministro Plínio Casado	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
E.M. Alípio Miranda Ribeiro	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim		
E.M. Virgílio Francisco Monteiro	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	sim		

## II. CARACTERIZAÇÃO URBANÍSTICA DAS ESCOLAS

O aspecto mais relevante para uma abordagem preliminar é o grau de proteção patrimonial incidente sobre o prédio. Edificações protegidas por tombamento em princípio não podem sofrer intervenções nas fachadas e coberturas sem consulta ao Órgão de Tutela (IPHAN, INEPAC ou Instituto Rio Patrimônio da Humanidade), limitando o potencial de intervenção na envoltória visando maior eficiência energética. As escolas protegidas ou localizadas em áreas protegidas são:

- E.M. Dr. Cícero Penna: tombamento provisório das calçadas central e lateral e espécies arbóreas, pelo INEPAC;
- E.M. Tiradentes: Tombamento Provisório / Área de Interesse Urbanístico (Corredor Cultural: IRPH);

A Rede Municipal de Ensino da Cidade do Rio de Janeiro é composta por prédios que dispersos no território do município e erigidos em diferentes condições de orientação e entorno. Diferentes locais de implantação de um mesmo projeto levarão a diferentes desempenhos de conforto ambiental e consumo energético, devido às variações locais de insolação, ventos e condições do entorno (edificações e arborização vizinhas, malha viária). A legislação urbanística é responsável pela limitação e determinação das soluções e partidos adotados de implantação e situação, além de definir também os parâmetros para as construções vizinhas, que poderão ou não afetar de modo significativo as condições climáticas do imóvel.

A legislação urbanística incidente sobre as escolas foi resumida na **Tabela II.1**, e detalhada no **ANEXO 1**.



### III. CARACTERIZAÇÃO ARQUITETÔNICA DAS ESCOLAS MUNICIPAIS CARIOCAS

#### III.1. Edificações escolares da Rede Municipal de Ensino

O surgimento de um *tipo em* arquitetura é condicionado pela existência de uma série de edifícios que têm entre si uma evidente analogia formal e funcional. Em diferentes locais e épocas, os edifícios projetados para determinada função (o uso escolar, no caso) assumem soluções formais diferentes, orientadas pela evolução do programa de necessidades, recursos técnicos e financeiros, legislação urbanística, e acima de tudo pelas habilidades compositivas dos autores dos projetos. Diferentes soluções arquitetônicas podem refletir um mesmo **tipo arquitetônico**, portanto.

A pressão de demanda pela construção de equipamentos urbanos leva ao poder público à busca de padronização das soluções arquitetônicas. Essa padronização pode se traduzir na sistematização dos componentes construtivos – o que garante uma flexibilidade das soluções arquitetônicas no atendimento às peculiaridades topológicas dos locais de implantação – ou na reprodução de “projetos-carimbos” pré-estabelecidos, que serão implantados das formas mais adequadas possíveis nos terrenos.

A Rede Municipal de Ensino da Cidade do Rio de Janeiro é composta em grande parte por prédios que podem ser classificados em padrões arquitetônicos específicos, dispersos no território do município e erigidos em diferentes condições de orientação e entorno. Diferentes locais de implantação de um mesmo projeto levarão a diferentes desempenhos de conforto ambiental e consumo energético, devido às variações locais de insolação, ventos e condições do entorno (edificações e arborização vizinhas, malha viária).

Os diversos tipos de prédios escolares resultantes de projetos-padrão foram de modo geral projetados na Cidade do Rio de Janeiro considerando materiais robustos, acabamentos simples, generosas condições de ventilação e iluminação natural (janelas em fita, ventilação cruzada), simplificação máxima de instalações prediais e mecânicas, visando baixo custo de implantação e de manutenção futura. O período administrativo que melhor representa esta afirmação foi ao longo da década de 1960, quando foram construídos padrões diferentes de escolas reunidos em pelo menos seis grandes grupos, totalizando 296 unidades.

A passagem do tempo é também outro fator importante: ao longo do uso, diversas unidades escolares sofrem alterações arquitetônicas normalmente visando atender a demandas diversas (aumento de salas de aula, eliminação de sanitários para diminuir custos de manutenção, etc.). É comum encontrarmos escolas que multiplicaram suas áreas construídas, prejudicando as condições originais de conforto.

A partir da década de 1990, percebe-se um esforço de renovação dos prédios escolares existentes, pautado pela modernização do programa pedagógico - quadras cobertas, informatização das salas de aula, adaptação ou acréscimo de salas de uso especial, como bibliotecas, laboratórios - e pelo atendimento a requisitos normativos (acessibilidade universal, segurança sanitária nas cozinhas e refeitórios). Esse esforço vem acarretando inevitavelmente um aumento de recursos de instalações prediais e mecânicas (tais como elevadores e ar condicionado), e conseqüente aumento no consumo energético, acentuando o consumo de energia na fase de uso dessas edificações.

Ocorre que, não havendo de forma sistematizada o planejamento das alterações visando atender aos requisitos de conforto, eficiência energética em vigor, é possível que as medidas de modernização das escolas existentes resultem em prédios com maior custo operacional em termos energéticos, sem atender necessariamente às necessidades de conforto ambiental.

Informações isoladas e desagregadas de desempenho em conforto ambiental e consumo energético, e possíveis melhorias ao nível da edificação são insuficientes para estabelecimento por parte dos tomadores de decisão de diretrizes e medidas a fim de atender às políticas de aumento de eficiência energética e redução de GEE de responsabilidade da administração municipal.

### III.2. Formação da Rede Municipal de Ensino

A implantação da rede municipal de ensino remonta ao final período imperial, e responde a momentos específicos de políticas de escolarização, em que podem ser destacadas 3 fases de modernização da política de escolarização na cidade<sup>3</sup> : a primeira, correspondente ao sistema implementado por Anísio Teixeira no início da década de 1930, a 2ª correspondente à massificação da rede escolar no período Lacerda (década de 1960), e a 3ª correspondente às diretrizes dos Planos Especiais de Educação geridos por Darcy Ribeiro (anos 80 e 90).

#### III.2.1. Escolas do Imperador e República Velha

Segundo EHRlich (2002), as mais antigas escolas, as 8 Escolas do Imperador originalmente construídas em estilo eclético, têm principais características: fachadas em 3 corpos, princípios de composição clássica, uso de cantaria e materiais importados. O programa arquitetônico resumia-se a ambientes administrativos salas de aula, com separação de meninos e meninas em diferentes alas. O dimensionamento das salas de aula e os recursos de iluminação, ventilação e circulação de ar refletiam a preocupação higiênica e sanitária.



**Figura III.1: E.M. Gonçalves Dias (1870)**

Na República Velha (1889/1926), além da construção de novas unidades, em que ao ecletismo ainda dominante incorporaram-se elementos art-nouveau e românticos, prédios particulares foram também aproveitados para o uso escolar. Em 1927, das 230 escolas públicas existentes, 140 funcionavam em prédios alugados.

<sup>3</sup> RODRIGUES, apud ERLICH

A partir de meados da década de 1920, impõe-se o estilo Neocolonial de influência hispânica, que se afirma na Revolução de 1930 por suas intenções cívicas e nacionalistas. Os elementos mais significativos são o telhado cerâmico em capa e bica, o claustro avarandado, o muxarabi, os mapas em azulejos e ornatos com motivos brasileiros (índios, flora e fauna). A implantação dos prédios é em centro de terreno, e a organização espacial destes, mais racional, incorpora programa arquitetônico mais extenso: além das salas de aula, espaços para grandes reuniões, sala de projeções, gabinete médico, oficinas, pavilhão de ginástica. É nítida a preocupação com acústica, iluminação e ventilação adequadas.



**Figura III.2 EM Tiradentes (Rep. Velha)    Figura III.3: EM Estados Unidos (1926-1930)**

### **III.2.2. Gestão Anísio Teixeira (1931-1935)**

A gestão de Anísio Teixeira como Secretário de Educação (1931-1935), trouxe a implantação de uma grande campanha de renovação pedagógica associada a um plano diretor para edificações escolares. Consolidaram-se os seguintes padrões arquitetônicos: Escola Platoon (25 classes/2000 alunos, 16 classes/1300 alunos, 12 classes/100 alunos), Escola Nuclear (12 classes/1000 alunos), Escola Mínimo (3 classes/240 alunos), Escola Especial (6 classes). Vinte e cinco escolas foram construídas, visando o funcionamento em 2 turnos (ensino no 1º turno e alimentação, leitura, música, educação física e sanitária no 2º turno) .

O programa arquitetônico passa a incorporar laboratórios, auditório, teatro, salas de arte, quadras esportivas, biblioteca, gabinete médico e dentário. A implantação acompanhou a sugestão dos núcleos de concentrações escolares do Plano Agache. Os prédios, de feições protomodernas, se caracterizam pela ênfase do concreto armado nas marquises, coberturas e varandas, superfícies lisas e despojadas, racionalidade e rigor geométrico das formas, grandes panos de janelas basculantes em ferro e vidro garantindo iluminação e ventilação naturais; e pelo terraço-jardim usado para educação física (posteriormente substituído por telhados). Compuseram o legado dessas experiências a concepção de educação integral, a relação das escolas com as famílias e a comunidade e o entendimento de cultura como indissociável da educação escolar.



**Figura III.4: E.M. Argentina, 1935 (Escola tipo *Platoon*)**

A produção de prédios escolares no período do Estado Novo (1937-1945) retoma as características arquitetônicas neocoloniais combinadas com elementos construtivos modernos. No período democrático pós 1945, intensificou-se o programa de erradicação de favelas e construção de conjuntos habitacionais na cidade. A arquitetura moderna é integralmente assumida como linguagem, e diversos exemplares de prédios escolares surgem nesta concepção<sup>4</sup>.

### **III.2.3. Governo Carlos Lacerda (1961-1965) e Década de 1960**

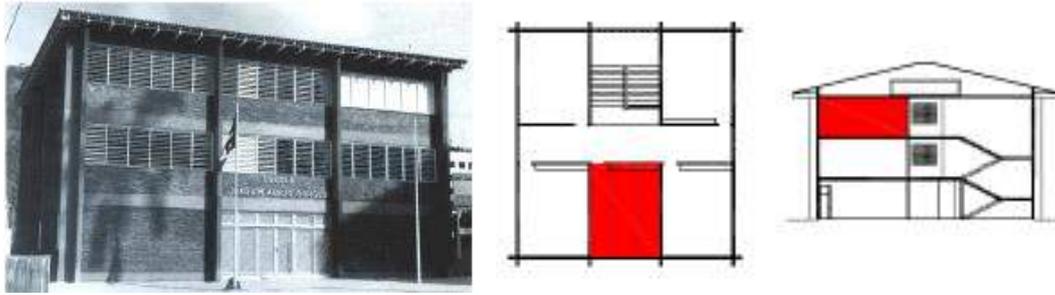
Em 1960, com a transferência da Capital Federal para Brasília, a cidade converte-se em Estado da Guanabara. Sob o governo Carlos Lacerda (1961-1965) e coordenação da Secretaria de Educação, promove-se a política de reestruturação e expansão do ensino básico, que inclui a construção de 242 escolas primárias públicas municipais, com o objetivo de acabar o déficit escolar.

A definição de escola passa a ser um agregado de salas, onde a unidade (sala) tem mais importância que a escola em seu conjunto. A padronização do projeto da edificação se deu então pelo número de salas (múltiplos de 5, correspondentes às 5 séries do ensino primário e aos dias úteis da semana), idênticas e com funções genéricas de estudo, e pela necessidade de implantação em qualquer terreno disponível em curto espaço de tempo. Componentes reconhecidamente importantes do programa arquitetônico, tais como pátio para atividades esportivas e recreativas, biblioteca e laboratório, foram suprimidos. As escolas compactas limitaram-se ao necessário para atender à demanda com rapidez e baixo custo principalmente nas áreas de expansão da cidade, através de projetos padronizados e de baixo custo.

O Arq. Francisco Bologna, diretor do DPAE (Departamento de Prédios e Aparelhamentos Escolar) projetou 5 diferentes protótipos: E.Ms Joseph Bloch, Roma, Inácio Azevedo Amaral, Cícero Penna e Joaquim Abílio Borges. O último foi tomado como padrão (denominado Bologna), com 28 unidades. Dentro de um sistema estrutural em concreto armado rigorosamente modulado, a linguagem arquitetônica incorpora elementos tradicionais (telhado cerâmico e beiral) e contemporâneos (tijolos aparentes, cobogós, brise-soleils em madeira no lugar de janelas), buscando qualidade ambiental através da e ventilação cruzada e do pé-direito alto, e a facilidade de manutenção por meio de materiais de baixo custo e à prova de vandalismo.

---

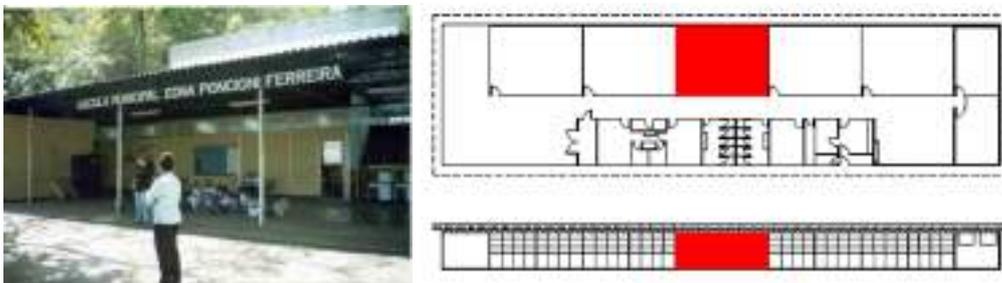
<sup>4</sup> Exemplos: E.M. Edmundo Bittencourt, de A. E. Reidy, e E.Ms. Grécia e Anita Garibaldi, de Rostham de Farias



**Figura III.5: EM Joaquim Abílio Borges, 1960-1964 (escola tipo *Bologna*)**

Sob a mesma diretriz administrativa, foram também desenvolvidos os prédios escolares tipo Econômico com 5 e 10 salas de aula<sup>5</sup>, adequadas para pequenos terrenos, com 2 pavimentos, com estrutura em concreto armado e paredes pintadas, cobertura de uma água em telhado cerâmico sobre laje de concreto com sheds (ventilação zenital), janelas em brises de madeira, uso de cobogós.

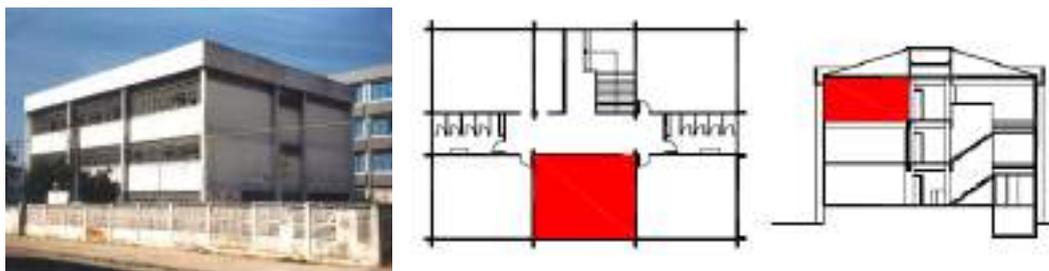
Dois grupos de escolas surgiram ainda no período, criadas para a FOM - Fundação Otávio Mangabeira (braço social do Governo Lacerda patrocinado pela iniciativa privada). Um primeiro grupo (Escolas tipo FOM 1P/5S A, B e C), em sistema construtivo corrente, totalizou 14 unidades. Um segundo grupo de escolas transitórias com estrutura de alumínio anodizado, paredes em painéis de fibrocimento com recheio em isopor e cobertura em alumínio ondulado totalizou 42 unidades, das quais sobrevivem ainda 28.



**Figura III.6: E.M. Edna Poncioni Ferreira, c. 1962 (Escola transitória padrão FOM)**

A **Escola padrão Bologna** foi o início de uma linhagem de prédios escolares construídos até o final da década de 1960. As escolas padrão Caixotão (70 exemplares), assim denominadas pelo aspecto pesado, alcançam 4 pavimentos, contam com 12 salas de aula, ampliações nos setores administrativo e de serviços, quadra de esportes, vestiários e apartamento do zelador no último pavimento. Os Caixotinhos são uma versão simplificada em 3 pavimentos, com 17 exemplares.

<sup>5</sup> Arq. Rostham de Farias



**Figura III.7: E.M. Dalva de Oliveira, c. 1970 (tipo Caixotinho)**

A partir do regime autoritário de 1964, a demanda pelo ensino público fundamental passou a ser abordada de forma reducionista, em que a equação demanda-oferta se viabilizou num modelo de 35 alunos/classe em 3 turnos. As medidas tomadas para aumento da oferta de vagas geraram problemas tais como: redução da jornada de aula e aumento dos turnos, superlotação das salas, classes de emergência, adaptações de ambientes nas escolas existentes. E finalmente, a implantação de diversas unidades em praças e áreas verdes das cidades ou em substituição de escolas preexistentes.

#### **III.2.4. Governo Leonel Brizola (anos 1980 e 1990)**

Segundo CAVALIERI (2005), Com a retomada democrática e Leonel Brizola no governo do Estado do Rio de Janeiro (1983-1986 e 1991-1994), o Secretário de Ciência e Cultura Darcy Ribeiro implementou uma política de educação em tempo integral, com concepção administrativa e pedagógica própria, a fim de promover um salto de qualidade na educação fundamental, na forma do 1º e 2º Programa Especial de Educação, cujo carro-chefe foram os CIEPs (Centros Integrados de Educação Pública)<sup>6</sup>.

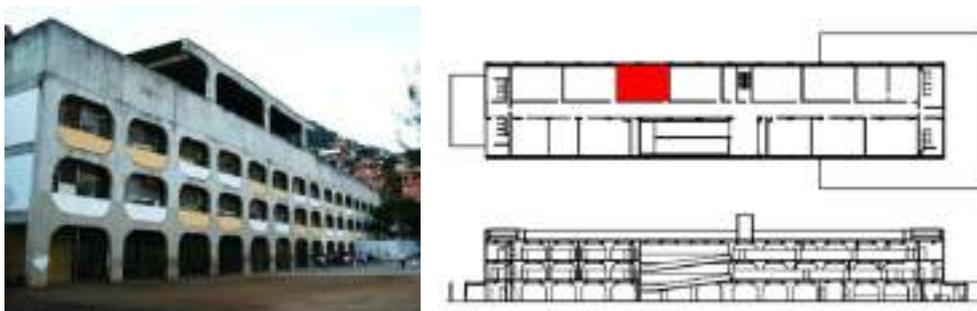
O programa, reunindo diversas medidas marcantes e polêmicas, visava romper a inércia na área educacional, pautando a educação escolar como questão estratégica nacional em que se propunha uma redefinição do papel da escola na sociedade brasileira. Seus principais aspectos são: regime de turno único, linhas de ação nas áreas de instrução, saúde e cultura, com funções sociais e pedagógicas ampliadas, retomando diversos aspectos da experiência de Anísio Teixeira no Rio de Janeiro e na Bahia<sup>7</sup>. A estratégia de montagem do programa se deu pela criação de padrão: as escolas exemplares construídas estabeleceriam novos parâmetros para o sistema escolar, que se imporia sobre os programas cristalizados e burocratizados a partir da demanda de sua reprodução pelas forças sociais.

Na concepção original do Arquiteto Oscar Niemeyer, os CIEPs são unidades em que o aluno permanece das 8 da manhã às 5 da tarde, contando com 3 blocos, com capacidade de atendimento de 600 alunos: o principal (salas de aula, centro médico, cozinha, refeitório, pátio coberto), o ginásio (quadra polivalente e vestiário) e biblioteca (e moradia dos alunos

<sup>6</sup> CAVALIERI, Ana Maria – Memória das escolas de tempo integral do Rio de Janeiro

<sup>7</sup> Em 1950, Teixeira criou o Centro Educacional Carneiro Ribeiro em Salvador (Bahia), composto de 4 escolas-classe e uma escola-parque composta de pavilhões de trabalho e educação física, jogos e recreação, setores socializante e artístico, biblioteca, teatro de arena ao ar livre, administração e almoxarifado. A escola-parque complementava de forma alternada o horário das escolas-classe, mantendo o aluno no complexo o dia inteiro.

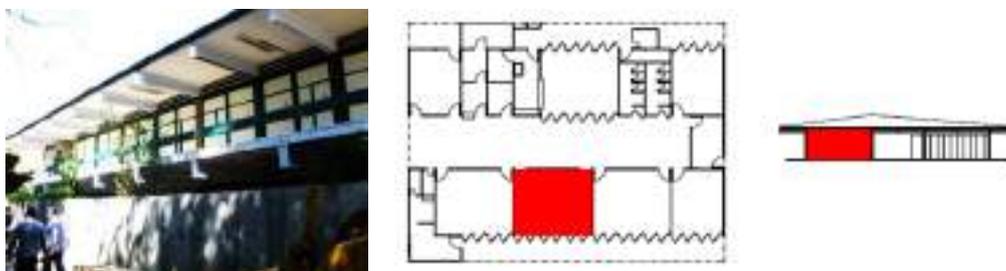
residentes na cobertura). Foi criada para terrenos menores uma versão compacta, em que o prédio principal é dotado de quadra coberta, vestiários, biblioteca e caixas d'água.



**Figura III.8: CIEP Dr. Bento Rubião, c. 1980**

Foram construídos 200 CIEPS no 1º PEE, totalizando 504 unidades ao final do 2º PEE. O programa original foi prejudicado pela descontinuidade administrativa entre as duas gestões Brizola. Em 1986, os 97 CIEPS situados na Cidade do Rio de Janeiro foram transferidos para a rede municipal, mantendo-se a oferta de horário integral. Na década de 1990, 29 CIEPs Municipais receberam Módulos de Educação Infantil para funcionamento pré-escolar.

Em 1984 foi montada a Fábrica de Escolas e Equipamentos Urbanos do Rio de Janeiro, dirigida por João Filgueiras Lima (Lelé), cuja experiência com industrialização na arquitetura remontava à construção de Brasília<sup>8</sup>, passando pelo domínio da tecnologia de racionalização de concreto armado<sup>9</sup> e argamassa armada<sup>10</sup>. O sistema viabilizou a construção de mais de 200 escolas entre 1984 e 1986.



**Figura III.9: E.M. Abelardo Barbosa, E. M. Laura Sylvia M. Pereira, c. 1980 (tipo Lelé)**

### **III.2.5. Governo César Maia (2001-2008)**

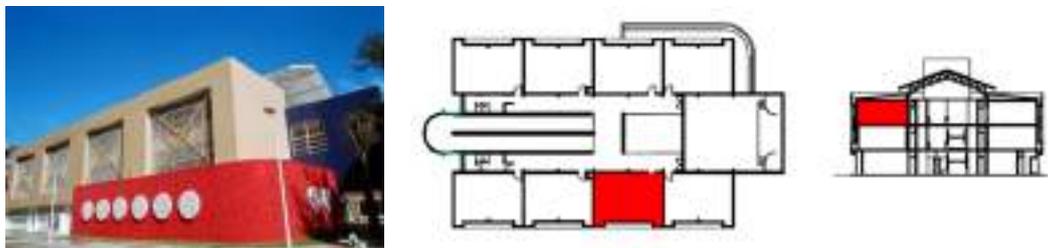
Já na década de 2000, nas duas gestões César Maia (2001-2008), a RIOURBE desenvolveu novas Escolas-padrão para terrenos entre 2000 e 7000m<sup>2</sup>, totalizando 29 unidades em versões Padrão, Padrão Atendimento e Compacta. O programa arquitetônico incorpora, além das salas

<sup>8</sup> Lelé executa acampamentos e barracões em madeira em que aplica racionalização, para economia de tempo e recursos.

<sup>9</sup> Iniciada por viagem de estudos ao Leste Europeu em 1962 para absorção da tecnologia, patrocinada pela UNB e posteriores aplicações no Hospital de Taguatinga (1968) e em Salvador (Centro Administrativo da Bahia – 1973)

<sup>10</sup> RENUB (Salvador, 1979): placas, escadarias drenantes, canais de drenagem para urbanização de áreas de ocupação irregular; e Abadiânia (Goiás, 1982): fábrica de equipamentos comunitários

de aula, salas especiais (auditório, sala de leitura, dança e artes, laboratórios de ciência e informática), quadra coberta e vestiários e recursos de acessibilidade universal (rampa ou elevador).



**Figura III.10: E.M. Tia Ciata, c. 2000 (tipo RIOURBE)**

### **III.2.6. Distribuição dos projetos-padrão (até 2008)**

Estão de um modo geral classificadas tipologicamente 72,25% das unidades escolares até o ano de 2008. Destas, 54,73% foram construídas há mais de 40 anos. Das 141 escolas construídas até o final da década de 1930 (13,35% do total), as datadas anteriormente a 1937 são protegidas pelo Decreto 20.048/2001. Até 2016, 40 escolas estão protegidas por tombamento municipal, além dos CIEPs localizados no Município. Pode-se concluir em caráter preliminar que o parque imobiliário da rede municipal de ensino é multifacetado, com média de idade avançada e inclui um importante acervo de patrimônio cultural.

Uma das metas estratégicas da Prefeitura do Rio é ter, até o fim de 2016, 35% dos alunos da Rede Municipal estudando em tempo integral, em turno de sete horas. Entre as medidas adotadas para alcançar a meta está o Programa Fábrica de Escolas do Amanhã Governador Leonel Brizola. Até dezembro de 2016 serão entregues 119 unidades escolares, sendo 110 pelo Fábrica de Escolas do Amanhã. Ao longo dos oito anos da administração do Prefeito Eduardo Paes, terão sido construídas mais de 300 unidades de ensino pela Prefeitura do Rio.

Dos grupos em destaque, os tipos CIEP e Lelé são construídos a partir de processos de pré-fabricação, não mais disponíveis atualmente. Os CIEPs tem seu sistema estrutural e diversos elementos construtivos inteiramente em concreto pré-moldado; e a fábrica de componentes em argamassa armada das escolas Lelé já não existe mais. Os demais grupos, correspondentes a escolas surgidas nas décadas de 1930, 1960 e 2000, reúnem prédios erigidos em técnicas construtivas convencionais, abrangendo 36% do total de escolas relacionadas. Debruçar-se sobre este universo permite apreender a resposta dos edifícios mais antigos, projetados para realidades diferentes, frente aos critérios atuais. Permite também conhecer algo sobre a evolução dos prédios diante das intervenções sofridas. A **Figura III.11** e a **Tabela III.1** resumem respectivamente as distribuições dos prédios escolares por períodos de construção e dos exemplares de tipos de arquitetura escolar pelas CREs, considerando o ano de 2008. A **Tabela III.2** relaciona os 21 prédios escolares selecionados para este estudo e os relaciona aos tipos e projetos-padrões. As repetições desses tipos e padrões elencados totalizam 778 unidades, cerca de 65% do estoque atual de edifícios escolares da Rede Municipal de Ensino.

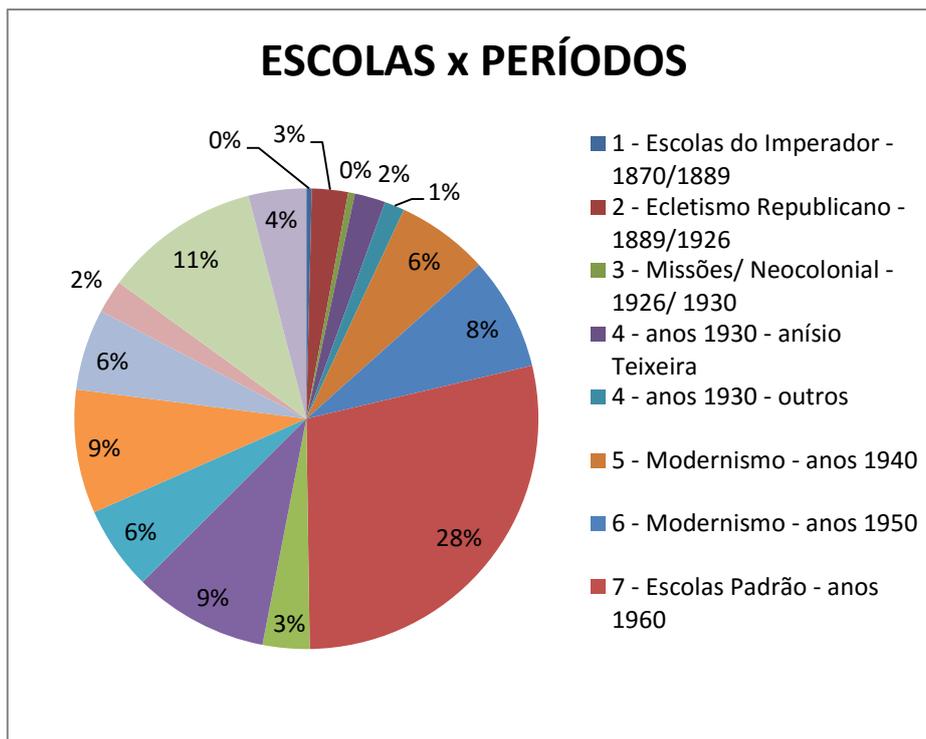


Figura III.11: Prédios Escolares distribuídos por períodos de construção (até 2008)

Tabela III.1: distribuição dos exemplares de tipos de arquitetura escolar pelas CREs (até 2008)

TIPOS ESCOLARES	PERÍODO	CRE										total por tipo / %	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Escolas do Imperador	1870 - 1889	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4 / 0,37%
Eclétismo Republicano	1889 - 1926	6	12	1	0	2	0	1	1	1	1	2	27 / 2,52%
Missões / Neocolonial	1926 - 1930	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5 / 0,47%
Modernismo	anos 1930	5	11	5	4	4	2	2	2	2	1	2	38 / 3,55%
Modernismo	anos 1940	3	5	5	6	7	2	6	6	17	11	69 / 6,44%	
Modernismo	anos 1950	2	8	8	13	16	10	6	10	6	7	85 / 7,94%	
Escolas Padrão	anos 1960	7	30	37	46	44	25	30	49	27	11	305 / 28,48%	
Modernismo	anos 1960	2	12	2	3	3	3	8	8	2	2	35 / 3,27%	
CIEPs	1983 - 1994	5	8	4	15	4	9	11	16	12	10	101 / 9,43%	
Lelés	1983 - 1994	2	3	6	8	2	2	6	4	13	16	62 / 5,87%	
RIOURBE	2001 - 2008	2	2		2	2	1	3	3	2	5	22 / 2,08%	
Não identificados		15	20	36	40	20	23	36	50	21	32	293 / 27,75%	
<b>Total por CRE</b>		<b>53</b>	<b>114</b>	<b>100</b>	<b>134</b>	<b>104</b>	<b>77</b>	<b>115</b>	<b>146</b>	<b>105</b>	<b>108</b>	<b>1056</b>	

**Tabela III.2: Classificação das escolas selecionadas**

<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	<b>CRE</b>	<b>TIPO / PERÍODO</b>	<b>Tipo / PROGRAMA PADRÃO</b>	<b>Repetição na RME</b>
Escola Municipal Doutor Cícero Penna	2	7 - Escolas Padrão - anos 1960	3P/6S/65 Bologna	1
Ciep Presidente Salvador Allende	2	CIEP	CIEP	101
Escola Municipal Tiradentes	1	Ecletismo Republicano - 1889/1926	Neoclássico TOMBADA	27
Creche Municipal Sempre Vida Santo Antônio de Pádua	1	-----	-----	1
Escola Municipal Thomas Mann	3	7 - Escolas Padrão - anos 1960	3P/10S/65 Bologna	26
Escola Municipal Rio de Janeiro	3	9 - Outras - épocas diversas - anos 1980	i=1988	61
Espaço de Desenvolvimento Infantil Professor Rubem Gonçalves	10	Ano de projeto: 2012	-----	1
Creche Municipal Sempre Vida Colônia dos Pescadores	10	-----	-----	1
Escola Municipal Professora Lavínia de Oliveira Escragnole Dória	11	7 - Escolas Padrão - anos 1960	4P/12S/69a caixotão	33
Escola Municipal Maestro Francisco Braga	11	9 - Outras - épocas diversas	-----	117
Escola Municipal Professor Helton Alvares Veloso de Castro	9	Ano de projeto: 2000	-----	1
Espaço de Desenvolvimento Infantil Milena Santos Nascimento	7	Ano de projeto: 2010	-----	1
Escola Municipal Roberto Burle Marx	7	Ano de projeto: 2002	-----	1
Escola Municipal Embaixador João Neves da Fontoura	5	9 - Outras - épocas diversas - anos 1970	3P/20S/70	93
Escola Municipal Sebastião de Lacerda	5	7 - Escolas Padrão - anos 1960	4P/12S/69b caixotão	34
Escola Municipal Professor Wan-tuyl da Silva Cardoso	8	9 - Outras - épocas diversas - anos 1980	i=1986	61
Escola Municipal Churchill	8	7 - Escolas Padrão - anos 1960	1P/5S/63 FOM pre fabr.de al.	26
Escola Municipal Brasil	4	5 - Modernismo - anos 1940	i=1947	69
Escola Municipal Ministro Plínio Casado	4	7 - Escolas Padrão - anos 1960	4P/12S/69b caixotão	34
Escola Municipal Alípio Miranda Ribeiro	6	7 - Escolas Padrão - anos 1960	1P/5S/63 Fom pré fabr.de al.	26
Escola Municipal Virgílio Francisco Monteiro	6	9 - Outras - épocas diversas	LELÉ	63
<b>TOTAL DE REPETIÇÕES DOS TIPOS E PROGRAMAS-PADRÃO</b>				<b>778</b>

#### IV. OCUPAÇÃO E USO DOS PRÉDIOS ESCOLARES

A esfera municipal é responsável pela oferta de ensino de pré-escolar e de 1º grau, que envolve o planejamento da distribuição territorial da rede escolar, construção ou adaptação de edifícios para uso escolar, e melhoria e manutenção das instalações e equipamentos implantados. No Rio de Janeiro, a Rede Municipal de Ensino abrange a Educação Infantil (pré-escolar), o ensino de 1º grau (1º e 2º segmentos), a Educação Especial (para alunos portadores de necessidades especiais) e Educação de Jovens e Adultos. As escolas estão organizadas em 11 Coordenadorias Regionais de Educação (CRE), subordinadas à Secretaria Municipal de Educação. O programa arquitetônico das unidades escolares é elaborado a partir das necessidades estabelecidas para as unidades específicas<sup>11</sup>, traduzidas oferta de ambientes específicos para os 3 segmentos de ensino:

- **pré-escolar (2 a 6 anos de idade)**
  - Classe Maternal: 2 a 3 anos de idade
  - Jardim da Infância (JI 1, 2 e 3): 3 a 6 anos de idade
- **1º grau**
  - 1º Segmento (Classe de Alfabetização, 1ª a 4ª séries): 6 a 11 anos de idade
  - 2º Segmento (5ª a 8ª séries): 11 a 15 anos de idade

As unidades escolares devem atender a um leque de usuários: corpo discente, corpo docentes, corpo técnico administrativo, corpo de apoio, além de usuários eventuais (familiares de alunos, pessoal da administração municipal, serviços, etc.). A estrutura funcional de edifício agrupa-se em setores ou conjuntos funcionais:

- **Conjunto Pedagógico:** atividades de ensino e aprendizagem (funções principais do prédio escolar)
  - Salas de aula, salas especiais (laboratórios, auditório, biblioteca, artes, etc)
- **Conjunto Vivência / Assistência:** atividades de recreação, alimentação e prática de esportes; espaços de convívio
  - Pátios cobertos e descobertos, parques de brinquedo, quadra de esportes, refeitórios, sanitários e vestiários de alunos, grêmios;
- **Conjunto Administrativo / Apoio Técnico-pedagógico:** direção e administração, e apoio técnico-pedagógico
  - Secretaria, diretoria, sala de professores, coordenação pedagógica, etc.
- **Conjunto de serviços gerais:** serviços de infraestrutura: controle de entrada e saída, limpeza e manutenção, guarda de materiais e alimentos, preparo de alimentos.
  - Cozinha, despensa, área de serviço, almoxarifado, depósitos, apartamento do zelador.

Os elementos balizadores do projeto do edifício escolar são a definição do número de alunos a atender e os segmentos de ensino a serem contemplados. Definem-se com base nos segmentos os tipos de sala de aula - ambiente modular do setor pedagógico, e por extensão, do edifício - bem como vários aspectos do programa arquitetônico: as salas especiais necessárias, ambientes de convívio e de serviço. O número de alunos de determina a

---

<sup>11</sup> Número e tipo de alunos, número de séries a oferecer, turnos de funcionamento e cargas horárias semanais, número de disciplinas, número de professores, de técnico-administrativo e auxiliares.

capacidade de cada sala de aula, o número de salas necessárias e o dimensionamento de infraestrutura de assistência e serviço (instalações sanitárias, infraestrutura de serviço para refeições, banho, etc.).

Evidentemente ao longo dos anos o programa arquitetônico dos prédios escolares evoluiu, tanto para acompanhamento da evolução do programa pedagógico, como para o atendimento a requisitos técnicos envolvendo conforto ambiental, higiene, acessibilidade e segurança.

## V. REFORMA, ACRÉSCIMO E MANUTENÇÃO PREDIAL EM PRÉDIOS ESCOLARES

### V.1. A implantação de Projetos-padrão na Rede municipal de Ensino

A reprodução em grande escala de edifícios padronizados tem um peso significativo na expansão da Rede Municipal de Ensino, que comportava em 2010 um total de 1.063 escolas e 255 creches, atendendo a 685.446 alunos (SME – Educação em Números, 2010). Estes projetos-padrão relacionam-se com diferentes ciclos políticos e administrativos, articulados a programas educacionais, estilos arquitetônicos e tecnologias construtivas específicas; e respondem por pelo menos 50% dos edifícios existentes.

Neste contexto, o processo de projeto arquitetônico de prédios escolares obedece atualmente a dois fluxos determinados: as elaborações do projeto-padrão e do projeto de implantação (ver **figura IV.1**).



**Figura IV.1: Processo de projeto arquitetônico de prédios escolares**

O desenho do projeto-padrão do bloco principal (administração, setor pedagógico e setor de serviços) é orientado por um programa arquitetônico específico (escola para 1º segmento, 2º segmento, pré-escola, creche, etc) orientado pela SME. Os projetos buscam atender dimensões de lote usuais e evitam em geral soluções arquitetônicas com mais de 3 pavimentos: a partir do 4º pavimento, torna-se obrigatória a implantação de escada enclausurada contra incêndio. A partir da década de 2.000, conciliar o desenho às exigências de acessibilidade universal da NBR 9050: o acesso aos diversos pavimentos por meio de rampa é um recurso oferecido nos blocos de maior porte. Os edifícios mais compactos a substituem por elevadores.

Desta forma, um conjunto de opções de edifícios escolares e blocos anexos (quadras de esporte, por exemplo) compartilhando mesmas características tipológicas e construtivas é previamente definido ao nível de anteprojeto de arquitetura. A partir dos terrenos destinados ao uso escolar, obtidos pela aprovação de projetos de loteamentos e de grupamentos de edificações, são desenvolvidos os projetos de implantação, igualmente em nível de anteprojeto.

Os anteprojetos são constituídos por desenhos de arquitetura com:

- especificações de acabamentos das áreas internas e externas dos edifícios, e das áreas externas;
- dimensionamento e especificações de componentes das aberturas (portas, janelas, portões, etc.);
- pontos de instalações prediais (luminárias, interruptores e tomadas, lavatórios, vasos sanitários e mictórios, layout de cozinhas e áreas de serviço, etc), e respectivas especificações;
- pré-dimensionamento de reservatórios;
- pré-dimensionamento do sistema estrutural;
- equipamentos mecânicos: especificação de elevadores, plataforma elevatórias; e indicação de futuras instalações de sistemas de ar condicionado (Split ou de parede)

Não são desenvolvidos anteprojetos ou estudos preliminares de sistemas estruturais, instalações mecânicas e prediais (os projetos complementares) devido à falta de profissionais projetistas específicos no quadro técnico. Assim sendo, raramente a elaboração do anteprojeto é respaldada por consultorias técnicas, muito menos se recorre a especialistas em conforto ambiental e eficiência energética.

A elaboração do orçamento se dá sobre a documentação fornecida pelo arquiteto autor do projeto: anteprojeto de arquitetura, relatórios de vistoria, etc; e a cotação dos itens e serviços é feita com base no SCO-RIO – Sistema de Custos de Obras. Os itens contidos no SCO-RIO não contemplam, em quase sua totalidade, itens chaves tidos como sustentáveis, logo, caso o projetista deseje especificá-los em seu projeto há de se recorrer a Itens Especiais. Itens e serviços não contemplados no Sistema são tratados de 2 diferentes formas:

- são cotados como “itens especiais”, que devem ter composições e custos aprovados pela equipe gestora do SCO-RIO. Este procedimento diminui a celeridade da elaboração do orçamento e é tido como um fator de atraso para o andamento dos serviços, sendo assim, acaba sendo preterido;
- são adaptados para itens e serviços julgados semelhantes pelo orçamentista. Este procedimento, popularmente chamado de “química no orçamento”, geralmente não é registrado em memória de cálculo para auxiliar a fiscalização da obra. Fragiliza a consistência técnica do projeto.

As dificuldades apontadas acima dificultam a especificação e execução de “itens de sustentabilidade” nos projetos o que geralmente ocasiona na desistência de sua utilização.

As lacunas decorrentes da falta de desenvolvimento prévio dos projetos complementares são impossíveis de serem supridas a contento pelo orçamentista, fragilizando o processo. Como imaginar a fundação adequada para o sistema estrutural se não houve um estudo técnico baseado numa sondagem do terreno. Como especificar os custos de um sistema de ar condicionado, se não houve cálculo das cargas de refrigeração para os ambientes a serem climatizados?

Como solução, esses itens e serviços são então estimados pelo orçamentista, e o desenvolvimento dos projetos executivos de arquitetura, estrutura, instalações prediais e mecânicas são incluídos no orçamento.

Elaborado o orçamento e feita a licitação, os projetos executivos de arquitetura, estrutura, instalações prediais e mecânicas ficam a cargo da empresa contratada. O anteprojeto arquitetônico constitui juntamente com a planilha orçamentária e o caderno de encargos o projeto básico, que estabelece os elementos necessários e suficientes para caracterizar a obra (LEI 8666, 1993). As falhas na sua concepção e desenvolvimento são de difícil reversão na etapa de execução.

Os aspectos mais relevantes para fins desse estudo são as limitações dos projetos-padrão em atender às exigências específicas de cada implantação. Cada caso é um caso: um mesmo bloco implantado no terreno "A" será submetido a condições de insolação e ventilação e impacto acústico diferentes de sua implantação no terreno "B". A resposta de desempenho do projeto implantado. Os impactos mais evidentes são:

- **Sombreamento e conforto visual:** não são em geral previstos para as janelas recursos de sombreamento individualizados (brise-soleils, venezianas, cobogós, etc). Aberturas com orientação que favoreçam a entrada de radiação solar direta promovem o aumento da temperatura e o desconforto visual. Se o ambiente é climatizado, o ar condicionado é super ou sub-dimensionado. Por outro lado, o aproveitamento da luz natural não é potencializado com o aproveitamento de sheds, bandejas de luz, etc., exigindo maior consumo de iluminação artificial.
- **Conforto acústico:** O foco da qualidade acústica em projetos escolares está na sala de aula, aonde o bom ambiente de aprendizagem inclui o conforto acústico de alunos e professor, favorecendo a comunicação. As exigências são: a inteligibilidade da voz do professor, preservando seu conforto e saúde, e a concentração dos alunos, evitando sua dispersão e prejuízo do aprendizado. A inteligibilidade depende do nível de ruído de fundo, da reverberação do som e da relação sinal-ruído na sala. O nível de ruído interno da sala de aula resulta das fontes externas (tais como ruídos de tráfego), fontes geradas no interior da escola (atividades em pátios, quadras e circulações e cômodos adjacentes), e fontes internas (ruídos de equipamentos, manuseio de material didático, movimentação dos alunos). O tratamento acústico de salas de aula compreende a adequação do isolamento e do condicionamento acústico. As salas de aula frequentemente estão orientadas para quadras esportivas cobertas e vias de tráfego de grande movimento. O ruído gerado pelas quadras (aulas, festas, jogos), que possuem em geral superfícies pouco absorventes, sofrem reflexões sucessivas e vaza pelos limites laterais, afetando as salas de aula e a comunidade do entorno. As vias de

tráfego são fontes lineares de comportamento e intensidade variáveis conforme suas características, que se relacionam à hierarquia viária (vias estruturais, arteriais primárias e secundárias, coletoras e locais). Admitem perfis diferenciados de uso quanto à composição do tráfego (transporte individual, coletivo ou de carga), diferentes pavimentos (asfalto, concreto, paralelepípedos) e interferências diversas que exijam frenagem e acelerações súbitas (interseções, lombadas, sonorizadores, pontos de ônibus). Os impactos acústicos podem ser atenuados não só pela implantação cuidadosa do bloco escolar e de quadras esportivas, mas também por cuidados na especificação de acabamentos internos e de fachadas, incluindo o uso de esquadrias com maior índice de isolamento. A arborização junto às vias de tráfego para mitigação do impacto sonoro; o emprego de cobertura vegetal nos pavimentos, muros e fachadas: o aumento de superfícies absorventes diminui as reflexões nos campos semi-reverberantes.

- **Sistemas de ar condicionado:** o uso de sistemas de ar condicionados em escolas não é tratado como um assunto integrado ao projeto de arquitetura. Em muitas situações não há especificação para os equipamentos. Em alguns casos não são previstos pontos de alimentação de energia elétrica e de dreno para a água de condensação de aparelhos de parede e evaporadores de sistemas tipo Split. Ocorre que as salas de aula possuem dimensões e cargas térmicas de ocupação que demandam o desenvolvimento de projeto para instalações de ar condicionado orientado pela NBR 6401. A norma estabelece parâmetros de projeto para instalações que demandem cargas a partir de 9.000 kcal/h (=3 TR, ou 35.715 BTU/h). Outro aspecto a ser considerado é a qualidade do ar interno de ambientes climatizados, observado na norma mencionada e na Portaria n. 417 de 19/05/1998 do Ministério da Saúde, que recomenda o ar exterior para renovação entre 40 m<sup>3</sup>/h (mínimo) e 50 m<sup>3</sup>/h (recomendável) por pessoa para evitar saturação do ar interno. Os equipamentos tipo Split-system não possuem recursos para renovação do ar. Sua instalação deveria ser orientada por projeto, que agregaria também um sistema de insuflamento de ar externo. Um aspecto a ser observado na instalação de ar condicionado é a necessidade de estanqueidade das aberturas para minimizar as infiltrações. Todos os tipos escolares foram concebidos para funcionamento com ventilação natural. Alguns desenhos priorizam a ventilação cruzada: possuem, além das janelas, aberturas em venezianas para circulações internas nos ambientes climatizados (ex: escolas tipo Bologna, Rio-Urbe). Outras escolas possuem, ao invés de janelas com esquadrias de vidro, fechamento em venezianas (ex: escolas tipo Caixotinho e Caixotão, CIEPs). A adaptação desses ambientes ao ar condicionado exigem adaptações nas janelas de acordo com as características de cada uma.

## V.2. Projetos de reforma e acréscimo: modernização de edifícios existentes

Os prédios escolares nascidos de projetos-padrão tendem a se individualizar ao longo do tempo. Sofrem modificações por diversas razões:

- necessidade de modernização das instalações: cozinhas, refeitórios, sanitários, salas especializadas (laboratórios, salas especiais) sofrem adaptações;
- necessidade de ampliação de salas de aula: compartimentação de ambientes e acréscimo de área com a construção de “puxadinhos” e novos pavilhões;
- alteração de coberturas e telhados: para solução de problemas de infiltração a baixo custo, prédios originalmente com terraços recebem telhados (Escolas Platoon e CIEPs, por exemplo);
- alteração de janelas: diversos prédios escolares tiveram suas janelas originais substituídas por cobogós para diminuir custos de conservação, com severo prejuízo para a qualidade ambiental;

### **V.3. Serviços de manutenção predial: Conservando Escolas**

O Programa Conservando Escolas, tem por objetivo a cooperação entre a RIOurbe e a SME, para realização de licitação, contratação, execução por administração indireta, acompanhamento e fiscalização das intervenções e reparos de manutenção e conservação dos prédios escolares da Rede Pública Municipal do Rio de Janeiro introduzindo uma dinâmica de trabalho conjunto entre as Coordenadorias Regionais de Educação (1ª à 11ª CRE's) da Secretaria Municipal de Educação (SME) e a Riourbe visando resgatar a integridade do prédio escolar e alcançar o perfeito estado de conservação da Rede Física dos Prédios Escolares e Creches do Município do Rio de Janeiro.

Tem por missão fornecer à SME um atendimento mais ágil, de menor custo e de forma planejada, visando suprir as necessidades de conservação de cada unidade escolar, observando critérios de prioridades definidos em vistorias periódicas de forma a garantir um fluxo continuado nos atendimentos.

São dois os tipos de manutenção previstos no Programa Conservando Escolas: Manutenção Corretiva Programada e Manutenção Corretiva Emergencial. As Manutenções Corretivas Programadas são realizadas em conformidade e na sequência da lista de prioridades fornecida pela CRE. A Manutenção Corretiva Emergencial tem por objetivo fazer a unidade escolar retornar às condições de segurança após a ocorrência de uma situação anormal que envolva risco ou paralisação de atividades. Os serviços de conservação e manutenção abrangem instalações prediais, pintura, manutenção de telhado, etc.

Devido ao decreto lei que exige a auto vistoria das edificações públicas, todas as edificações escolares foram vistoriadas tendo como fruto um relatório. Há estudos em andamento, ainda embrionários, para tornar estes relatórios orientadores de novas intervenções nestas edificações, otimizando assim, os recursos aplicados nestas unidades. Há de se pontuar que tanto os relatórios de auto vistoria, como os relatórios de conservação regulares não tem como foco intervenções que potencializem a eficiência energética da edificação.

## VI. ABORDAGEM BIOCLIMÁTICA EM PROJETOS ARQUITETÔNICOS

### VI.1. Evolução da abordagem Bioclimática na Arquitetura

Os arquitetos húngaros **Victor e Aladar Olgyay** iniciaram a sistematização da abordagem bioclimática da arquitetura, e do desenho solar como disciplina acadêmica<sup>12</sup>, considerando necessidade de reavaliação da relação do homem com seu entorno e a busca de conforto ambiental por métodos passivos, com o auxílio da climatologia, arquitetura e biologia (fisiologia humana).

Foi sistematizada uma metodologia de projeto a partir da análise dos dados climáticos, da avaliação da fisiologia humana, condições do entorno e do percurso solar. As soluções arquitetônicas e tecnológicas visam atingir uma zona de conforto térmico, assumindo-se que dificilmente se alcança uma estabilidade perfeita, que exigiria condições excepcionais. É riado um instrumento auxiliar de interpretação: uma **carta bioclimática** que estabelece a zona de conforto térmico e seus limites de tolerância a partir da modulação de soluções para o ambiente interno: insolação e sombreamento e aumento de ventilação. Essa abordagem bioclimática foi posteriormente desenvolvida e refinada por diversos outros autores, destacando-se **Baruch Givoni** (*Man, Climate and Architecture*, 1969).

### VI.2. Contexto atual: sustentabilidade no projeto arquitetônico

O enfrentamento dos choques do Petróleo (1973, 1979, 1991) levou a indústria da construção civil a buscar soluções de eficiência energética no ambiente construído na Europa e Estados Unidos. Consolidaram-se as políticas de eficiência energética – legislação e etiquetagem para equipamentos, sistemas construtivos e edificações. No campo da arquitetura, o tema institucionalizou-se na academia e no mercado, ampliando seu escopo para a sustentabilidade ambiental e o enfrentamento às mudanças climáticas.

A abordagem de ciclo de vida aplicada ao ambiente construído, a busca do edifício energia zero (integração e conservação dos recursos, energias renováveis, smart grid, etc) vêm integrando arquitetos, engenheiros e projetistas em equipes multidisciplinares voltadas para a solução de problemas ambientais decorrentes da tentativa de domínio da natureza, encarando-a como modelo.

Consolidou-se a acreditação por terceira parte da qualidade ambiental de edifícios e organizações, através de etiquetas e selos de eficiência energética e qualidade ambiental (EU Energy Label, EU Ecolabel, Energy Star), e certificações de qualidade ambiental (LEED, BREEAM, HQE, etc). O aspecto fundamental dos processos de obtenção de selos e certificações pelas organizações está na necessidade da verificação dos resultados por organismos de inspeção, evitando-se assim as autodeclarações e o “greenwashing”.

No Brasil já vigora a ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, ainda de aplicação voluntária; e as certificações mais disseminadas de qualidade ambiental são o LEED e o AQUA-HQE (Alta Qualidade Ambiental).

---

<sup>12</sup> As duas publicações mais importantes são: *Solar Control and Shading Devices* (1957) e *Design and Climate - a Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism* (1963).

- **Certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design):** foi desenvolvida pelo U.S Green Building Council em 1993. É representada no Brasil pelo GBC Brasil. Abrange 10 sistemas de certificações de projeto, construção e operação de edificações, residências e bairros. No Brasil as certificações atualmente oferecidas são: LEED NC (novas construções e grandes projetos de renovação), LEED ND (desenvolvimento de bairros); LEED CS (projetos de envoltória e parte central do edifício); LEED CI (projetos de interiores e edifícios comerciais); LEED Retail NC e CI (lojas de varejo); LEED Healthcare (unidades de saúde), LEED EB-OM (operações de manutenção de edifícios existentes), LEED Schools (Escolas). A Certificação LEED é incorporada à gestão municipal em algumas cidades. Em San Francisco (Califórnia), tornou-se obrigatória a Certificação LEED Silver para todos os prédios municipais a partir de 2008;
- **Certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental):** é o primeiro referencial técnico brasileiro para construções sustentáveis, foi desenvolvido em 2008 pela Fundação Vanzolini, vinculada a Escola Politécnica da USP. Tem como referencial o selo HQE (Haute Qualité Environnementale), criado na França em 1996. O AQUA avalia 14 categorias de preocupação ambiental organizadas nos seguintes grupos: Eco-construção, Gestão, Conforto e Saúde.

### VI.3. Avaliação de estoques de edificações

O ciclo de vida das edificações pode ser dividida em três estágios: **pré-uso** (construção), **uso** (ocupação) e **pós-uso** (desocupação e demolição). A maior parte da energia (80 e 90%) é consumida durante o estágio de uso (para condicionamento de ar, ventilação, iluminação, eletrodomésticos, etc). Não estão considerados os consumos de transportes de passageiros, bens e serviços. Os 10 a 20% restantes são consumidos na extração e processamento de matérias-primas, a fabricação de produtos de construção, e de demolição.

Figura VI.1: Ciclo de vida da edificação

Ciclo de vida: estágio I		Ciclo de vida: estágio II (80-90% emissões)			Ciclo de vida: estágio III	
Fase pré-uso		Fase de uso			Fase pós-uso	
Produto	Construção					
Provisão de matéria prima	Instalação da construção	Operações prediais – serviços incorporados	Operação de outras aplicações	Manutenção, reparo, reformas	demolição	Reuso, reciclagem, recuperação de energia
Transporte	Transporte			transporte		Disposição final
Manufatura						

A avaliação de desempenho energético de um grupo muito grande de edificações exige uma visão de conjunto. Temos que considerar o **estoque de edificações** como um todo. **Estoque de Edificações** (*Building stock, parc immobiliare*) pode ser definido como um conjunto de prédios construído e administrado pelos proprietários (ex: setor público, companhias de habitação, bancos imobiliários, investidores). Para tal, esse estoque precisa ser organizado e classificado em grupos de edificações relativamente homogêneos.

A análise de desempenho energético de uma edificação isolada é orientada para aquele caso específico, mas não é aplicável no planejamento em escala. Em um grande conjunto de prédios, as unidades apresentam diferentes características arquitetônicas e construtivas, implantações e localizações. Associar avaliações de prédios isolados à avaliação agregada de um estoque de edificações exige uma abordagem *bottom-up*.

Traduzir grandes quantidades de dados de consumos prediais em um resumo de informações úteis exige **agregação** e **ponderação**. **Agregar** as informações implica em sintetizar uma quantidade de valores similares a fim de alcançar valores globais médios, úteis para fornecer uma visão global do problema e orientar tomadas de decisão quanto ao estoque de edificações. Simuladas as estratégias de redução de consumo, a **desagregação** dos resultados apresentados permite atacar os problemas nos edifícios isolados.

O consumo total de energia por um estoque de edificações pode ser estimado pela soma das estimativas de energia para todos os edifícios que o integram.

Vamos supor que as edificações desse estoque possam ser organizadas e classificadas por tipos que reúnam características comuns. Vamos supor também que cada grupo de edificações de mesmo tipo possa ser representado por um modelo que sintetize as características desse grupo. Dessa forma, a análise de desempenho energético dos diversos tipos que compõem um estoque de edificações pode fornecer resultados representativos do total de edifícios desse estoque.

Para permitir essa abordagem, o estoque de edificações deve ser organizado e classificado. Os principais parâmetros de classificação para definir os tipos de edificação para fins de análise energética são: o uso, as características arquitetônicas e construtivas, época de construção, dados de consumo e dados climáticos locais. Como já visto na Seção III, a Rede Municipal de Ensino constitui um estoque de 1.200 edificações com:

- Mesma destinação de uso: escolar;
- Classificáveis por padrões arquitetônicos e construtivos, e por épocas de construção: CIEPs (década de 1980), Caixotão/Caixotinhos (Década de 1960), etc;
- Dados de ocupação e consumo disponíveis: quantidades de alunos, equipamentos instalados, contas Light, CEDAE, CEG, aquisição de GLP, etc;
- Arquivos de dados meteorológicos anuais disponíveis para simulações (fonte: UFSC/LABEEE).

Organismos internacionais já trabalham com dados de estoques de edificações:

- **IEA (International Energy Agency)**: publicou diversos trabalhos a respeito de eficiência energética em estoques de edificação:

- Annex 31 - Energy-Related Environmental Impact of Buildings (2001);
- Energy efficiency in the north american existing building stock (2007);
- **Intelligent Energy Europe (IEE)/TABULA (Typology Approach for Building Stock Energy Assessment):** desenvolve classificações de tipologias de prédios residenciais e não residenciais em países europeus visando avaliação de desempenho energético;
- **UNEP/SBPI - Common Carbon Metric & Protocol:** projeto de medição de consumo de predial de energia visando o reporte de emissões de GEE

Extratos do **Projeto TABULA** ilustram o potencial da abordagem de eficiência energética em estoques de edificação:

**Figura VI.2: Esquema de abordagem de eficiência energética do Projeto TABULA**

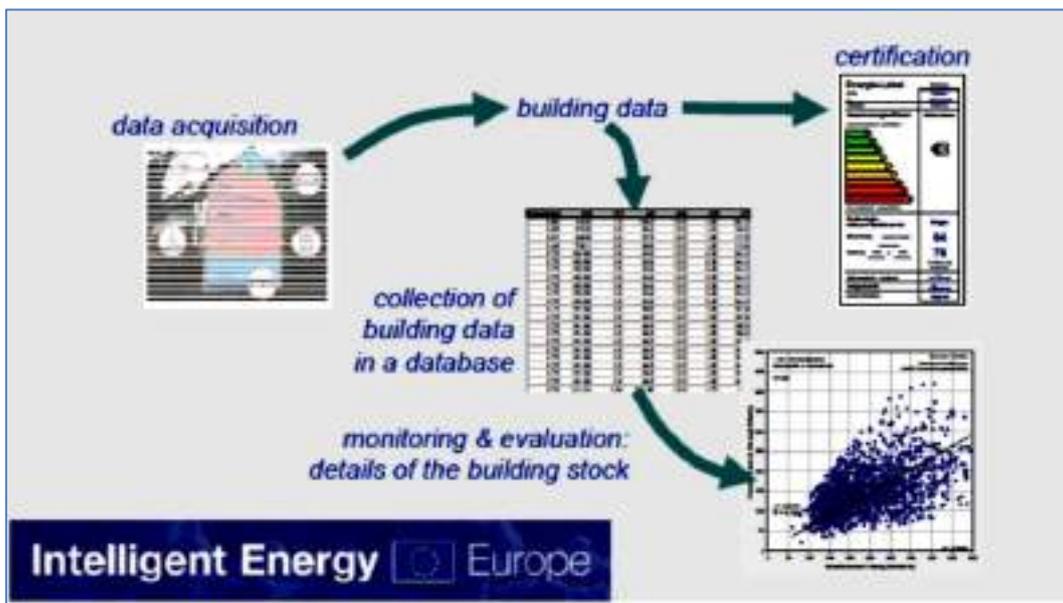


Figura VI.3: Esquema de classificação do estoque de prédios residenciais na Alemanha (TABULA)

**Figure 1: Classification scheme of the German Building Typology [IWU 2003]**

Baualtersklasse			EFH	RH	MFH	GMH	HH
A	vor 1918	Fachwerk	EFH.4		MFH.4		
B	vor 1918		EFH.3	RH.3	MFH.3	GMH.3	
C	1919-1945		EFH.5	RH.2	MFH.2	GMH.2	
D	1946-1957		EFH.0	RH.3	MFH.0	GMH.3	
E	1958-1968		EFH.2	RH.5	MFH.5	GMH.5	HH.5
F	1969-1978		EFH.1	RH.4	MFH.4	GMH.4	HH.4

Figura VI.4: Exemplo de avaliação geral de prédio residencial em Hesse/Alemanha (TABULA)

**Figure 2: Example for a two page building overview (Building Typology of the province of Hesse) [IWU 2002]**

WFL 8			WFL 9		
Historisches Bauelement			Technische Bauelemente		
Bezeichnung	Zeichnung	Einheit	Bezeichnung	Zeichnung	Einheit
Wand		1,00	Wand		1,00
Decke		0,05	Decke		0,05
Fußboden		0,05	Fußboden		0,05
Stiege		0,05	Stiege		0,05
Sanitär		0,05	Sanitär		0,05
Wand		0,05	Wand		0,05
Decke		0,05	Decke		0,05
Fußboden		0,05	Fußboden		0,05
Stiege		0,05	Stiege		0,05
Sanitär		0,05	Sanitär		0,05
Wand		0,05	Wand		0,05
Decke		0,05	Decke		0,05
Fußboden		0,05	Fußboden		0,05
Stiege		0,05	Stiege		0,05
Sanitär		0,05	Sanitär		0,05
Wand		0,05	Wand		0,05
Decke		0,05	Decke		0,05
Fußboden		0,05	Fußboden		0,05
Stiege		0,05	Stiege		0,05
Sanitär		0,05	Sanitär		0,05

## VII. METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A proposição de um plano de ação de eficiência energética em edifício existente deveria levar em consideração as condições existentes do edifício e de suas instalações, oferecer parâmetros qualitativos e quantitativos para tomadas de decisão incluiria em termos ideais os seguintes componentes, considerando-se a disponibilidade dos dados necessários para atender às metodologias:

- Uma **AVALIAÇÃO QUALITATIVA** dos sistemas responsáveis pelo consumo energético do edifício – Envoltória (fechamentos externos do edifício: fachadas e coberturas), sistemas de iluminação e de ar condicionado. A ferramenta disponível é o RTQ-C (PROCEL/INMETRO), que atribui o Nível de Eficiência de Eficiência Energética do edifício;
- A **AVALIAÇÃO QUANTITATIVA** preliminar, que mensura quantidades e perfis de consumo do edifício, considerando as condições atuais das instalações e perfis de ocupação, através de protocolos de MEDIÇÃO & VERIFICAÇÃO reconhecidos nacionalmente;
- A proposição de **MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**, considerando as intervenções necessárias para a diminuição do consumo;
- O estabelecimento de LINHA DE BASE e CENÁRIOS ALTERNATIVOS, confrontando os níveis de eficiência energética desejados, custos de implantação, payback dos investimentos, riscos e oportunidades de financiamentos dentro da LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA;
- A partir da seleção de projetos dentro da realidade orçamentária e técnica da organização, definem-se as METAS DE REDUÇÃO DE CONSUMO E MITIGAÇÃO DE EMISSÕES, estratégias de implantação e detalhamento de cronograma.

### VII.1. RTQ-C (PROCEL/INMETRO)

O consumo de energia em edificações residenciais e não residenciais constitui o maior setor de consumo energético em nível global. Correspondeu em 2011 a 35% da demanda energética mundial em 2011; sendo que o consumo de energia elétrica vem crescendo 3,3% ao ano desde 1990. O setor de edificações é no entanto o de maior potencial de melhorias em termos de eficiência energética .

As Etiquetas de Eficiência Energética, aliadas à regulamentação de edificações e a programas voluntários ou obrigatórios de redução de energia, constituem um poderoso instrumento na aplicação dessas medidas de melhorias, seja em projetos de novas edificações ou em prédios existentes. Governos Locais nos Estados Unidos e países da União Europeia adotam certificados de energia nas edificações de forma mandatária. A maior parte desses certificados adota o sistema de classificação de nível de eficiência energética, para maior transparência para o usuário final.

No Brasil, a cultura da eficiência energética em edificações vem avançando passo a passo, liderado justamente pela etiquetagem em eficiência energética PROCEL-INMETRO em suas duas modalidades: para edifícios comerciais, de serviços e públicos (2009); e para edifícios

residenciais (2010). O processo de etiquetagem, ainda voluntário para a sociedade em geral, tornou-se obrigatório para os edifícios da Administração Pública Federal a partir de 2014.

A classificação do nível de eficiência energética de edifícios por meio do processo de etiquetagem orientado pelo PROCEL e regulado pelo INMETRO constitui uma ferramenta segura e eficiente de planejamento da gestão predial de uma organização. Se esta organização pertence ao Setor Público, a etiqueta de eficiência energética, aliada a outras ferramentas de gestão em sustentabilidade, adquire um papel relevante no apoio à racionalidade dos investimentos públicos e na transparência diante da sociedade. Até Março de 2016, foi emitido um total de 168 etiquetas para edificações comerciais, de serviços ou públicas: 69 etiquetas de inspeção em obras concluídas, e 99 etiquetas de avaliação de projetos.

A metodologia de aplicação do RTQ-C está detalhada no **ANEXO 2**.

## **VII.2. Medição e Verificação (M&V) e cálculo da Relação Custo-Benefício**

Seguindo a regulamentação da ANEEL, a partir de 2014 a Light passou a receber e selecionar PROPOSTAS DE PROJETOS de eficiência energética por meio de Chamadas Públicas. Os projetos podem ser apresentados pelos clientes atendidos pela Light ou por empresas de serviços de EE. Estas Chamadas Públicas define uma nova forma de aporte de recursos oriundos da Lei de Eficiência Energética junto aos clientes finais das distribuidoras de energia elétrica para implementação de projetos, devendo substituir outras modalidades. No atual formato, as propostas apresentadas na Chamada Pública passam a disputar investimentos dentro de um valor total apresentado (R\$6 milhões para todos os projetos, em 2014), e devem se adequar a diversos critérios técnicos na tipologia de Melhoria de Instalações em unidades do Poder Público<sup>13</sup> (R\$ 3 milhões em 2014).

A seleção das propostas foi dividida em 2 fases: Pré-Diagnóstico Energético e Diagnóstico Energético.

- O **Pré-Diagnóstico Energético** apresenta o acordo entre a empresa executora dos trabalhos e o consumidor da Light; alinha os objetivos; avalia preliminarmente as instalações físicas; confronta histórico de consumo e de pagamento de faturas de energia; apresenta possíveis oportunidades de economia de energia e estima preliminarmente a relação custo-benefício (RCB) do projeto, com apresentação de estratégia de Medição e Verificação preliminar (M&V). **Os custos de elaboração do Pré-Diagnóstico Energético não são remunerados pela Light.** Os pré-diagnósticos apresentados são submetidos à comissão julgadora, dos quais alguns são selecionados para a 2a fase.
- O **Diagnóstico Energético** avalia detalhadamente as ações propostas na 1a fase, consolidando as avaliações *ex-ante* apresentadas. Cronogramas físico-financeiros são considerados definitivos, servindo de base às obrigações contratuais dos projetos. **A diferença entre os valores definitivo e preliminar de RCB não pode ultrapassar 5%.**

---

13 Ver **CHAMADA PÚBLICA DE PROJETOS CPP 001/2014**, pg 9, Tabela 1 - Projetos Possíveis e Tipologia de Projetos elegíveis à Chamada Pública de Projetos;

A seleção dos projetos atende diversos critérios. O de maior peso é o da **Relação Custo Benefício (RCB)**. Este indicador sintetiza a projeção dos custos de energia evitada (CEE) e de demanda evitada (CED). Se um projeto tiver mais de um uso final (iluminação, refrigeração, etc.) cada um desses usos finais deverá ter sua RCB calculada. A RCB global do projeto também deverá ser apresentada. Os projetos devem apresentar uma Relação Custo-Benefício (RCB) igual ou inferior a 0,80. A avaliação econômica do projeto será feita por meio do cálculo da relação custo-benefício (RCB) de cada uso final, devendo obedecer à seguinte relação:

$$\text{RCB} = \text{CUSTOS ANUALIZADOS} / \text{BENEFÍCIOS ANUALIZADOS}$$

Diversos outros critérios são ainda considerados, tais como a qualidade de apresentação, a experiência em projetos semelhantes, e a contrapartida orçamentária a oferecer. As propostas de projetos devem contemplar a medição e verificação (M&V) dos resultados em conformidade com o Guia de M&V lançado em 30/07/2014 e disponível no site da ANEEL, bem como, com o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance - PIMVP (EVO – EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION. vol. 1 - EVO 10000 – 1:2010 Br, Janeiro de 2012).

#### VIII. AVALIAÇÕES PRELIMINARES DE NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A fim de exercitar a metodologia RTQ-C e demonstrar de forma limitada o potencial de sua aplicação, foram explorados os passos para determinação do Nível de Eficiência Energética das envoltórias de algumas das 20 escolas pelo método prescritivo. Para tal, foi assumido como premissa que **todos os prédios são climatizados**. Como já descrito anteriormente, as escolas não são dotadas de sistemas de climatização projetados. No entanto, a SME vem disseminando de forma generalizada a instalação de sistemas Split nas salas de aula. A avaliação de níveis de eficiência energética em prédios ventilados exigiria o domínio de simulação computacional.

Foram avaliados os pré-requisitos e calculadas preliminarmente as características térmicas de todas as paredes e coberturas, bem como os ângulos de sombreamento das aberturas. Em seguida, foram selecionadas as seguintes escolas: E.M. Dr. Cícero Penna e E.M. Ministro Plínio Casado, consideradas representativas das escolas construídas na década de 1960; CIEP Presidente Salvador Allende, representativa do projeto-padrão mais disseminado na década de 1980; EDI Milena Santos Nascimento, por ser de projeto de elaboração recente (2010). Supondo futura implantação de metodologia de agregação de informações decorrentes de simulações de conforto ambiental e eficiência energética nessas escolas, os resultados poderiam ser aproveitados para 137 escolas.

IDENTIFICAÇÃO	CRE	TIPO / PERÍODO	Tipo / PROGRAMA PADRÃO	Repetição na RME
E.M. Doutor Cícero Penna	2	7 - Escolas Padrão - anos 1960	3P/6S/65 Bologna	1
CIEP Presidente Salvador Allende	2	CIEP	CIEP	101
EDI Milena Santos Nascimento	7	Ano de projeto: 2010	-----	1
E.M. Ministro Plínio Casado	4	7 - Escolas Padrão - anos 1960	4P/12S/69b caixotão	34

**Tabela VIII.1: Repetição dos prédios escolares em estudo na Rede Municipal de Ensino**

Seguem os resultados das avaliações:

#### VIII.1. PRÉ-REQUISITOS GERAIS

- **Medição centralizada:** os projetos de instalações elétricas devem comprovar a existência de medição centralizada de consumo de eletricidade por uso final, com separação de circuitos elétricos de forma a permitir medições quando necessário. Estas medições poderão auxiliar no diagnóstico do consumo de energia facilitando o comissionamento ao indicar onde e em que horas se consome mais e, conseqüentemente, em que tipo de uso deve-se investir para elevar ainda mais a eficiência energética do edifício quando em uso. De todas as escolas, a única que comprova a medição centralizada com separação de circuitos é o EDI Milena Santos Nascimento.
- **Aquecimento de água:** o uso de aquecimento de água nas escolas ocorre nos seguintes locais: cozinhas (para cocção e torneiras para lavagem de louças e talheres); vestiários de alunos (em geral junto às quadras de esportes); vestiários de funcionários (em geral nos blocos principais); e apartamentos de zelador (banho e lavagem de louça). Deve estar evidenciado o uso de sistemas eficientes de aquecimento de água: aquecimento solar, a gás, bombas de calor ou por reuso de calor, caldeiras a gás, aquecedores instantâneos. Não pode haver instalação de chuveiros elétricos. Nos cadastros técnicos levantados para as escolas, nenhum apresenta projeto de instalações de água quente e/ou de gás, muito menos registro de uso de equipamentos com selos e etiquetas de eficiência energética, e/ou regulamentos do PBE/Edifica.

Resumo dos resultados:

ESCOLA	PRÉ-REQUISITOS GERAIS		NÍVEL
	MEDIÇÃO CENTRALIZADA	AQUECIMENTO DE ÁGUA	
E.M. Doutor Cícero Penna	Sem registro	Sem registro	<b>D</b>
CIEP Presidente Salvador Allende	Sem registro	Sem registro	<b>D</b>
EDI Milena Santos Nascimento	<b>SIM</b>	Sem registro	<b>D</b>
E.M. Ministro Plínio Casado	Sem registro	Sem registro	<b>D</b>

**Tabela VIII.2: Pré-requisitos gerais do RTQ-C – resumo**

**Conclusão:** O atendimento aos pré-requisitos gerais depende da elaboração e execução de projetos de instalações prediais.

## VIII.2. PRÉ-REQUISITOS ESPECÍFICOS DAS ENVOLTÓRIAS

- **TRANSMITÂNCIAS TÉRMICAS DA COBERTURA ( $U_{cob}$ ) PAREDE ( $U_{par}$ ):** A **transmitância térmica ( $U$ )** expressa a quantidade calor transmitida através da área unitária de um sistema construtivo por unidade de tempo. Considera as camadas de materiais que compõem o sistema, suas características térmicas e espessuras. Considera também as cores das superfícies interna e externa. Quanto menor o valor, maior a condição do isolamento. São a seguir apresentados os valores ponderados de transmitância térmica das paredes externas ( $U_{par}$ ) e das coberturas ( $U_{cob}$ ). Os valores ponderados refletem as médias das parcelas de diferentes especificações de paredes e coberturas.
- **ILUMINAÇÃO ZENITAL (FS, PAZ):** expressam as áreas características térmicas das aberturas das coberturas, orientadas para o zênite. Como elas não ocorrem nas escolas avaliadas, os valores são nulos. A existência de aberturas para iluminação zenital favorecem a iluminação natural, mas também o ingresso de calor radiante nos ambientes internos.
- **CORES E ABSORTÂNCIA DA COBERTURA ( $\alpha_{cob}$ ) E DA PAREDE ( $\alpha_{par}$ ):** as cores mais claras absorvem menos radiação solar, diminuindo o ingresso de calor nos ambientes. Cores claras nas coberturas favorecem muito o conforto térmico das edificações.
- **CAPACIDADE TÉRMICA PAREDE ( $C_{tpar}$ ):** Capacidade térmica expressa a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema. Está diretamente relacionada ao efeito de inércia térmica, que expressa a velocidade da transferência de calor no interior de um sistema (parede ou cobertura). Quanto maior a capacidade térmica, maior a inércia, e maior o atraso na transferência de calor de uma face à outra da parede ou cobertura.

ESCOLA	$U_{cob}$	$U_{par}$	FS, PAZ	$\alpha_{cob}$	$C_{tpar}$	$\alpha_{par}$
E.M. Doutor Cícero Penna	1,90	2,14	0	73	211,5	73
CIEP Presidente Salvador Allende	0,65	2,85	0	47	253,88	60
EDI Milena Santos Nascimento	1,10	1,58	0	40	160	60
E.M. Ministro Plínio Casado	0,65	2,63	0	73	65,77	40

**Tabela VIII.3: Grandezas para cálculo dos pré-requisitos específicos – resumo**

**Conclusões:** O CIEP possui coberturas em condições mais favoráveis devido ao emprego de telhas sanduíche (aço zincado mais isolamento térmico) em cores brancas. Por outro lado, o emprego de concreto maciço nas vedações laterais contribui para maior transmitância e capacidade térmica: o calor é transmitido de fora para dentro a uma maior taxa, e demora mais a alcançar o interior: supondo a ocupação noturna, enquanto no exterior a temperatura é mais amena, o ambiente interno tende a manter o calor. Já o EDI favorece as melhores condições médias de desempenho: coberturas em cor clara e paredes leves, com menores transmitância e capacidade térmica.

## VIII.3. DADOS DIMENSIONAIS DA EDIFICAÇÃO

- **Área de projeção do edifício ( $A_{pe}$ ):** área de projeção horizontal média dos pavimentos (exceto subsolos).
- **Área total construída ( $A_{tot}$ ):** soma das áreas totais de piso fechadas, medidas externamente

- **Área da envoltória (Aenv):** a envoltória é a pele do edifício, é o conjunto de elementos que compõem os fechamentos dos ambientes internos em contato com o meio exterior. A área da envoltória é o total dessas superfícies. Os pisos em contato com o solo não são considerados.
- **Área de projeção da cobertura (Apcob):** área de projeção horizontal da cobertura
- **Volume total da edificação (Vtot):** é o volume delimitado pelos fechamentos internos do edifício.

A relação  $Aenv/Vtot$  determina o **Fator de Forma (FF)**, que representa as proporções do edifício. O **Fator de Altura** ( $FA = Apcob/Atot$ ) representa o número de pavimentos.

ESCOLA	Ape	Atot	Aenv	Apcob	Vtot
E.M. Doutor Cícero Penna	416,24	1248,72	961,39	416,24	4714,61
CIEP Presidente Salvador Allende	1209,6	3183,61	1847,90	1209,6	7697,67
EDI Milena Santos Nascimento	918,89	918,89	1714,88	918,89	2876,13
E.M. Ministro Plínio Casado	332,01	1328,04	1002,7	332,01	4498,74

**Tabela VIII.4: Grandezas para cálculo dos fatores de forma e de altura: resumo**

#### VIII.4. CARACTERÍSTICAS DAS ABERTURAS

- **Fator Solar (FS):** razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura.
- **Percentual de Abertura na Fachada Total (PAFT):** Percentual de Área de Abertura na Fachada total.
- **Percentual de Abertura na Fachada Oeste (PAFo):** Percentual de Área de Abertura na Fachada oeste (%). Se PAFo for pelo menos 20% maior que PAFT, deve-se assumir o PAFo na equação do indicador de conforto
- **Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS):** média ponderada dos ângulos verticais de sombreamento.
- **Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS):** média ponderada dos ângulos horizontais de sombreamento.

ESCOLA	FS	PAFT	PAFo	AVS	AHS
E.M. Doutor Cícero Penna	0,88	34	34	11,48	0,0
CIEP Presidente Salvador Allende	0,80	37	46	0,00	6,0
EDI Milena Santos Nascimento	0,88	9	9	<b>30,73</b>	0,0
E.M. Ministro Plínio Casado	0,88	15	21	7,19	9,9

**Tabela VIII.5: Grandezas de características de abertura – resumo**

### VIII.5. NÍVEIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS ENVOLTÓRIAS

O Nível de Eficiência Energética da envoltória é calculado através de fórmula específica para cada Zona Bioclimática e fator de forma (FF), a partir dos componentes anteriormente calculados. O melhor nível foi atribuído para o EDI (B), e o pior para a Escola tipo Caixotão (E).

Os fatores mais determinantes para o bom desempenho do EDI são: telhados em cores claras (baixa absorvidividade) e com alto peso na área total de envoltória, o que aumentam a eficácia; paredes leves e de baixa condutividade; bom nível de sombreamento determinado pelas sombras horizontais.

Os fatores mais determinantes para o mau desempenho da E.M. Plínio Casado são: paredes de alta condutividade, orientadas predominantemente para o quadrante oeste sem proteção solar adequada. As paredes têm maior peso que a cobertura na envoltória, devido à maior altura do edifício; a cobertura é escura (fibrocimento), contribuindo para o fraco desempenho.

ESCOLA	NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENVOLTÓRIA
E.M. Doutor Cícero Penna	C
CIEP Presidente Salvador Allende	C
EDI Milena Santos Nascimento	B
E.M. Ministro Plínio Casado	E

**Tabela VIII.6: Níveis de eficiência energética das envoltórias - resumo**

Deve ser observado que a avaliação prescritiva não considera o papel da ventilação natural no desempenho das edificações. Esta é da maior importância, pois todos os edifícios consideraram sua contribuição nos projetos. No entanto, a avaliação analítica para fins de determinação de nível de eficiência energética é possível somente por meio de simulação computacional.

A simulação computacional tem o objetivo de demonstrar que os ambientes internos de ocupação prolongada (salas de aula, áreas de trabalho) proporcionam temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual mínimo de horas ocupadas ao longo do ano. Os requisitos mínimos para o programa de análise do consumo de energia predial são: validação pela ASHRAE Standard 140; modelar 8760 horas/ano, abrangendo variações horárias de ocupação, potência de iluminação de equipamentos e sistemas de ar condicionado definidos para cada dia da semana e feriados; permitir modelagem dos efeitos de inércia térmica e de diferentes zonas térmicas; determinar a capacidade de sistemas de ar condicionado.

Os resultados gerais dos prédios escolares avaliados estão no **Anexo 3**.

## IX. COMENTÁRIOS FINAIS

### IX.1. Eficiência energética

O exercício esboçado neste trabalho tem caráter meramente ilustrativo, pois estimou o nível de eficiência energética de um sistema da edificação, apenas: a envoltória. E ainda assim em caráter prescritivo, desconsiderando o mais importante recurso de obtenção de conforto térmico por meios passivos: a ventilação.

Ainda assim, podemos aproveitar algumas lições do mapeamento da metodologia RTQ-C:

1. Sem a existência de **projetos completos e atualizados de arquitetura**, instalações prediais e mecânicas, não há possibilidade de análise. Vimos que, dos 21 prédios encaminhados, 4 estão com cadastro arquitetônico incompleto ou inexistente, somente 3 possuem projeto de instalações elétricas (embora não haja projeto de luminotécnica, com a especificação e quantidades de luminárias e lâmpadas), e NENHUM apresentou projeto das demais instalações prediais (hidráulicas, sanitárias e de gás), muito menos de instalações de ar condicionado. Investir em planejamento de eficiência energética e de recursos prediais EXIGE o investimento em elaboração e manutenção de projetos prediais. Os dados devem permitir a avaliação de todos os blocos da unidade escolar, e não somente do bloco principal. Os termos de referência para futuros projetos de reforma ou conservação predial já devem prever em seus escopos execução de levantamentos de arquitetura e engenharia das edificações;
2. A simulação termoenergética para o RTQ-C e os trabalhos necessários para os projetos de eficiência energética que envolvam avaliação da Relação Custo-Benefício e procedimentos de Medição e Verificação exigem o maior detalhamento possível do funcionamento dos edifícios. Então, outra lacuna a ser preenchida são os **dados de ocupação e de equipamentos das escolas**: horários dos turnos (manhã, tarde e noite, incluindo atividades como EJA – Educação de Jovens e Adultos, e o funcionamento de Escolas Estaduais no período noturno); quantidades de alunos atendidos por turno; horário de entrada e saída de professores e funcionários, com respectivas equipes. Devem ser fornecidas as especificações de todos os equipamentos e motores utilizados nos diversos ambientes (computadores, equipamentos de iluminação, caldeiras, aquecedores, aparelhos de iluminação, ar condicionado, etc.), se possível com horários estimados de funcionamento.
3. A classificação tipológica apresentada sinaliza que a amostra de 21 escolas apresentadas para estudo representa um total de 778 edifícios escolares pela reprodução dos padrões arquitetônicos. Visando a **aplicação em escala** das ferramentas de avaliação de eficiência energética para prédios de uso escolar, é muito importante investir na completude e aprofundamento da classificação tipológica de todos os prédios escolares, com ênfase no registro das especificações arquitetônicas e construtivas, nas épocas de construção e de grandes intervenções (ex: reformas e acréscimos). A partir dessa classificação, será possível a elaboração de modelos que reflitam o desempenho médio de cada tipo de edifício para fins de simulação. Esse modelo permitirá tanto a agregação dos dados para o estoque total de prédios, como a desagregação desses para cada prédio, com as

necessárias adequações das informações<sup>14</sup>. Essa medida possibilitará uma implementação mais eficaz de medidas de conservação predial e de eficiência energética.

## IX.2. O RTQ-C como orientador de projetos de reforma e conservação predial

Como já se sabe, a metodologia RTQ-C pontua três sistemas de uma edificação: a envoltória (fachadas e cobertura), sistema de iluminação interna e sistema de ar condicionado. Considera também como bonificações implantação de medidas de economia de consumo de água, e sistemas de energia renovável: aquecimento solar de água, microgeração fotovoltaica, etc. Nada impede que implantação de melhorias em cada um dos sistemas ocorra antes da avaliação de eficiência energética (RTQ-C ou qualquer outra); porém aumentará o risco de desperdício de recursos.

### ➤ **Medidas de curto prazo: atendimento aos pré-requisitos gerais do RTQ-C**

É recomendável abordar de antemão o atendimento aos **pré-requisitos gerais**, atualizando preventivamente na separação dos circuitos e na medição centralizada das instalações elétricas; e suprimir chuveiros elétricos por aquecedores de passagem etiquetados pelo INMETRO. Podem ser preliminarmente consideradas as melhorias nos sistemas:

#### ➤ **Envoltórias:**

- **Paredes e coberturas:** aplicar pinturas de cores claras (branco, areia, etc.), a fim de diminuir a absorvidade. Substituir sempre que possível as telhas de fibrocimento por telhas de alumínio ou aço zincado tipo sanduíche com pintura eletrostática branca. Nos telhados em que a alteração de cor não seja possível (ex: telhas cerâmicas), aplicar manta térmica de subcobertura aluminizada voltada para cima.
- **Janelas:** nos ambientes servidos por aparelhos de ar condicionado, diminuir ao máximo as infiltrações de ar externo com aplicação de fitas vedantes entre as folhas. Sempre que possível, instalar sistemas de proteção solar em cores claras para sombreamento das janelas orientadas para Norte, Leste e Oeste. A proteção solar deve ser estudada com o auxílio de gráficos de insolação e softwares de simulação (ex: SOL-AR associado ao ANALISYS), levando sempre em consideração o sombreamento provocado por máscaras distantes (prédios vizinhos, árvores de grande porte e relevo). O estudo de sombreamento deve ser feito juntamente com a avaliação de iluminação natural;

- **Sistemas de iluminação:** a substituição de lâmpadas fluorescentes e incandescentes por lâmpadas LED deve ser imediata, pois diminuirá a potência de iluminação

---

<sup>14</sup> Exemplo simples: os 100 CIEPs existentes no Município se distribuem em 3 padrões, dependendo do uso da cobertura: (1) sem uso da cobertura, (2) com uso habitacional e, (3) com ginásio coberto. Vamos supor que haja 33 unidades do padrão (1). A partir dos dados médios de ocupação e equipamentos levantados nas 33 unidades, cria-se um modelo de simulação. Nesse modelo são testadas e avaliadas as melhorias de desempenho no sistema de iluminação: substituição de lâmpadas e luminárias, redistribuição de circuitos, instalação de sensores de presença e células fotoelétricas. Os resultados da simulação, tais como ganhos de economia de energia e custos de implantação, podem ser agregados (multiplicados por 33) para tomadas de decisão quanto à viabilidade das medidas propostas; e desagregados (adaptados para cada um dos 33 edifícios) para detalhamento e implantação do projeto.

instalada. Ela pode ser feita nas rotinas de conservação habituais. A divisão de circuitos para acionamento independente das luminárias próximas às janelas das salas de aula é outra medida simples, desde que compatibilizada com os estudos de sombreamento. Sensores de presença nas áreas de circulação e de uso comum também são de fácil viabilidade.

- **Sistemas de ar condicionado:** como se sabe, não há projetos de ar condicionado implantados nas escolas. A se confirmar a meta de implantação de condicionamento de ar nas salas de aula, todas as escolas deverão receber projetos de ar condicionado, devidamente respaldados pela NBR 6401 e pela Portaria n. 417. Deve-se preliminarmente fazer um levantamento dos aparelhos existentes, seus níveis de eficiência e condições de instalações, a fim de eventualmente incorporá-los aos futuros projetos. Sugere-se a especificação de equipamentos com Selo Procel A com tecnologia Inverter.
  
- **Medidas de médio prazo: projeto-piloto de eficiência energética no estoque de prédios escolares da PCRJ:**
  - As 21 escolas apresentadas no presente estudo devem ter toda a documentação complementada para uma avaliação executiva de seus níveis de eficiência energética na metodologia RTQ-C. A avaliação deverá ser feita preferencialmente por simulação computacional, e seus resultados servirão de base à implantação de projetos de eficiência energética passíveis de atendimento às diretrizes da ANEEL, de forma a serem competitivas para chamadas públicas de projetos pela Light. Em caso de avaliação prescritiva, a avaliação de ventilação natural deverá ser feita em caráter complementar em metodologia prevista pela ASHRAE.
  - Os projetos-piloto julgados como mais representativos para reprodução em edificações semelhantes serão eleitos **projetos de referência**. Serão estabelecidas as linhas de base de ocupação e consumo predial dessas edificações, considerando os estágios anteriores e posteriores às medidas de eficiência propostas;
  - Os projetos de referência terão como meta atingir Nível A de Eficiência Energética (prédio completo), na metodologia RTQ-C.
  - Serão levantados os dados sobre os prédios de mesmo padrão arquitetônico e construtivos dos projetos de referência para confirmação da catalogação proposta de padrões arquitetônicos, e iniciada a atualização cadastral das unidades a serem abordadas prioritariamente, considerando a abrangência de 778 prédios com potencial de atendimento.
  
- **Medidas de longo prazo:**
  - Serão levantadas as linhas de base de consumo e ocupação dos prédios selecionados, com a produção de uma séries históricas;
  - As informações de consumo de cada conjunto de prédios de mesmo padrão serão confrontadas com a linha de base do projeto de referência, e serão calculados os ajustes necessários para futura transposição dos resultados das medidas de eficiência energética para cada prédio individualmente. Diferenças relevantes de ocupação, equipamentos e dados arquitetônicos entre o modelo e os demais exemplares devem ser consideradas;

- Ajustadas as diferenças para cada padrão, devem ser avaliadas as estratégias de eficiência energética mais eficazes caso a caso, incluindo as relações custo-benefício individuais. Os investimentos estudados serão avaliados em planejamento físico-financeiro conjunto.
- Os projetos terão como meta o atingimento mínimo do Nível B de Eficiência Energética (prédio completo), na metodologia RTQ-C.
- Os cerca de 28% dos prédios escolares não classificados por padrão arquitetônico e época de construção deverão ser gradualmente avaliados.

### **IX.3. Treinamento e capacitação técnica de clientes e projetistas**

A aplicabilidade das metodologias RTQ-C e M&V com análise de RCB exige treinamento e a constituição de equipes multidisciplinares formadas minimamente por arquitetos, engenheiro eletricista (ou engenheiro civil com prática em projetos de instalações prediais) e engenheiro mecânico.

É interessante que sejam treinados inicialmente dois times: um para atuação na Rio-Urbe, para desenvolvimento dos projetos e adequação das especificações técnicas e orçamentos, e para fiscalização dos serviços; e outro na SME, ao nível das CREs, para monitoramento desses projetos e monitoramento de metas de desempenho. Provavelmente a Equipe Rio-Urbe terá carência de especialistas nas especificações dos sistemas prediais. Essa lacuna pode ser preenchida com a presença de técnicos da Rio-Luz (em sistemas elétricos e de ar condicionado) e da Rio-Águas (em sistemas de instalações hidrossanitárias). Soluções em energias renováveis (ex: microgeração fotovoltaica) certamente exigirão consultorias externas em curto prazo. A expansão das equipes deve se adequar à ampliação dos projetos.

### **IX.4. Aprimoramento dos contratos de manutenção predial e dos itens SCO**

O atendimento a boa parte das demandas de projeto, tais como substituição de aparelhos e equipamentos e adequações de circuitos elétricos, podem ser atendidas por contratos de conservação e manutenção predial nos moldes do “Conservando Escolas”, desde que sejam adequados para essa finalidade. Para tal, escopos e especificações devem ser revisados; e devem ser incluídas metas de desempenho nos termos de referência, dentro dos objetivos planejados de economia de energia, água e gás. Paralelamente, os itens SCO devem ser atualizados, para maior transparência e mitigação de conflitos contratuais.

Em avaliação preliminar, devem ser objeto de contratos de execução específicos: implantação de sistemas de ar condicionado e de energias renováveis, e sistemas de monitoramento e automação predial.

### **IX.5. Consumo e reuso de águas**

A escassez de água não é exclusiva de regiões áridas e semiáridas; as restrições de consumo se dão em regiões com recursos insuficientes para demanda muito elevada. Políticas e estratégias de conservação de água visam restabelecer equilíbrio de oferta e demanda. Entre os métodos e sistemas alternativos para gestão de recursos hídricos e redução de poluição, destacam-se: reciclagem, gestão de demanda, redução de perdas e minimização de efluentes. O controle

começa pela medição individualizada de condomínios, com potencial de redução de até 25% do consumo. O reúso de águas reside na substituição de fontes de abastecimento, em que se admite que águas de melhor qualidade serão privilégio de usos mais nobres (ex: consumo doméstico); enquanto águas de qualidade inferior servem de fontes alternativas para usos menos restritivos. Essas são aproveitáveis de efluentes de processos industriais, esgotos (particularmente os de origem doméstica), águas de drenagem de pátios e agrícola, águas salobras.

Requisitos gerais para implantação de um **PCA - Programa de Conservação de Água em Edificações** podem ser consultados no **ANEXO 4**.

# **ANEXOS**

- 1. CARACTERIZAÇÃO URBANÍSTICA DAS ESCOLAS**
- 2. RESUMO DA METODOLOGIA RTQ-C**
- 3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO RTQ-C (EVOLTÓRIAS)**
- 4. MEDIDAS DE EFICIÊNCIA DE CONSUMO DE ÁGUA**

## ANEXO 1: CARACTERIZAÇÃO URBANÍSTICA DAS ESCOLAS

### ESCOLA MUNICIPAL DR. CÍCERO PENNA

END.: AVENIDA ATLÂNTICA, N° 1976, COPACABANA.

A Escola Municipal Dr. Cícero Penna, está localizada em área de grande valorização imobiliária na Cidade, no bairro de Copacabana, V RA- Copacabana, em terreno situado na orla, onde há a influência dos condicionantes naturais, térmicos e de proximidade das intempéries advindas da proximidade do mar. É um terreno plano de esquina com a Rua República do Peru. A Avenida Atlântica é um dos principais logradouros da Cidade. A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto n° 322/76, que define a localidade como ZT1- Zona Turística 1, em CB1- Centro de Bairro de Leve Porte. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a controlada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 4. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. n° 322/76, em seus artigos 80, 81 e 82- Escolas e o Art.448 da Lei Orgânica, que limita para as construções coladas na divisa, até 12 metros de altura. A área de projeção é definida pelo Art. 91, sendo que para ZT na V RA a área livre é de 30%. O afastamento frontal é definido pelo PAL n° 22.351 de 09/06/1959. Há tombamento provisório das calçadas central e lateral e espécies arbóreas, pelo INEPAC.



Imagem Aérea Google Earth- Av. Atlântica 1976;



Foto Google Street

### 2. CIEP PRESIDENTE SALVADOR ALLENDE

END.: RUA ARMANDO DE ALBUQUERQUE, S/N°, VILA ISABEL.

O CIEP Presidente Salvador Allende está localizado numa região onde predomina a ocupação por edificações de famílias de baixa renda- comunidades, no bairro de Vila Isabel, IX RA- Vila Isabel. É um terreno plano de esquina com uma grande área. O logradouro é uma via local, aparentemente de pequeno porte. A legislação urbanística existente se refere ao Decreto n° 6997/1987 que estabelece condições de uso e ocupação do solo para a 18ª Unidade Espacial de Planejamento (UEP), correspondendo aos bairros do Andaraí, Maracanã e Vila Isabel, situados na IX Região Administrativa- Vila Isabel, e dá outras providências. Define a localidade como ZRM- Zona Residencial Multifamiliar onde é permitido o parcelamento em lotes com testada mínima de 8m (oito metros) e área mínima de 125m<sup>2</sup> (cento e vinte e cinco metros quadrados), não estando situada em Centro de Bairro. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a controlada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 2. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. n° 6997/1987, com até 3 pavimentos e até 11 metros de altura, colado ou não nas divisas. Não há tombamento definido para o local.



Imagem Aérea Google Earth- Rua Armando de Albuquerque, s/n°



### 3. ESCOLA MUNICIPAL TIRADENTES

END.: RUA VISCONDE DO RIO BRANCO, N° 48, CENTRO.

A Escola Municipal Tiradentes está localizada na região central onde predominam edificações históricas, no bairro do Centro, II RA- Centro. É um terreno plano de esquina. O logradouro é uma via local, aparentemente de pequeno porte. A legislação urbanística existente se refere ao Decreto n° 322/1976 que estabelece que a localidade é uma AC2- Área Central e e Lei n° 2236/1994 que define as condições de uso e ocupação do solo da Área de Especial Interesse Urbanístico da II Região Administrativa- Centro, criada pelo Decreto n.º 12.409, de 9 de novembro de 1993, estabelece medidas para a revitalização do Centro da Cidade e seu entorno, e dá outras providências relacionadas com a valorização urbana dessa área. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a controlada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 15. As edificações da Área Central 2 não são obrigadas a deixar áreas livres nos lotes, exceto no caso das de uso residencial, que obedecerão aos parâmetros de ventilação e iluminação vigentes. Em nenhuma hipótese a altura das edificações referidas nos artigos 10 e 11 da Lei n° 2.236/1994 poderá exceder a linha de cumeeada das edificações existentes, nem os limites máximos estabelecidos pela legislação municipal de proteção ambiental ou cultural e pela legislação federal de proteção aos aeroportos. Na AC2, os afastamentos frontais são definidos pela Lei n° 1.139/1987-PAA n°10.600/ PAL n° 41.632- Corredor Cultural- Subzona de Preservação. Para o local há regras de preservação definidas pelos Decreto DGPC n° 9414 de 21/06/1990- Tombamento Provisório / Área de Interesse Urbanístico (Dec. n° 12.409/1993)- Corredor Cultural / Lei 506/1984.



Imagem Aérea Google Earth- Rua Visconde do Rio Branco, n°48; Foto Google Street

### 4. CRECHE MUNICIPAL SEMPRE VIDA SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA

END.: RUA LAURINDO RABELO, N° 537, SÃO CARLOS

A Creche Municipal Sempre Vida Santo Antonio de Pádua está localizada na região central, onde predominam edificações de famílias de baixa renda, no bairro do Estácio, III RA- Rio Comprido. É um terreno em aclive, no meio de quadra, junto a uma Igreja. O logradouro é uma via local, aparentemente de pequeno porte, com acesso íngreme. A legislação urbanística existente se refere ao Decreto n° 322/1976 que estabelece que as localidades de interesse social podem ser classificadas como uma ZE10- Zona Especial 10, onde é necessário um tratamento especial por meio de legislação específica para as áreas de interesse social já consolidadas e constituídas de aglomerações de habitações subnormais, com vistas à sua recuperação urbana. A Comunidade São Carlos foi declarada como A.E.I.S. pela Lei n° 3.868/2004. Não há legislação específica para o local. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 2,5.



Imagem Aérea Google Earth- Rua Laurinda Rabello, n° 537; Foto Google Street

## 5. ESCOLA MUNICIPAL THOMAS MANN

END.: RUA FERREIRA DE ANDRADE, N° 195, CACHAMBI.

A Escola Municipal Thomas Mann está localizada na região norte onde predominam edificações de famílias de baixa e média renda, no bairro do Cachambi, XIII RA- Méier. É um terreno plano no meio de quadra. O logradouro é uma via local, aparentemente de médio porte.

A legislação urbanística existente se refere ao Decreto n° 322/1976 que estabelece que a localidade é uma ZR4- Zona Residencial 4, sendo considerada a localidade comercial de leve porte. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 3,5. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. n° 322/76, em seus artigos 80, 81 e 82- Escolas e o Art.448 da Lei Orgânica, que limita para as construções coladas na divisa, até 12 metros de altura. A área de projeção é definida pelo Art. 91, sendo que para ZR na XIII RA a área livre é de 40%. O afastamento frontal é definido pelo Dec. n° 6.640 de 20/05/1987.



Imagem Aérea Google Earth- Rua Ferreira de Andrade, n° 195 Foto Google Street

## 6. ESCOLA MUNICIPAL RIO DE JANEIRO

END.: RUA PEÇANHA DA SILVA, N° 165, ENGENHO DE DENTRO

A Escola Municipal Rio de Janeiro, está localizada na região norte da Cidade, no bairro de Engenho de Dentro, XIII RA- Méier. É um terreno plano de esquina com a Rua Miguel Cervantes. A Rua Peçanha da Silva é uma via local.

A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto n° 322/76, que define a localidade como ZR4- Zona Residencial 4, não se localiza em área comercial. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 3. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. n° 322/76, em seus artigos 80, 81 e 82- Escolas e o Art.448 da Lei Orgânica, que limita para as construções coladas na divisa, até 12 metros de altura. A área de projeção é definida pelo Art. 91, sendo que para ZR na XIII RA a área livre é de 40%. O afastamento frontal é definido pelo Dec. 6.6640. de 20/05/1987. Não há tombamento para o local.



Imagem Aérea Google Earth- Rua Peçanha da Silva, 165 Foto Google Street

## **7. ESPAÇO DE DESENVOLVIMENTO INFANTIL PROF. RUBEM GONÇALVES**

END.: ESTRADA DOS PALMARES, N° 4603, SANTA CRUZ.

O Espaço de Desenvolvimento Infantil Prof. Rubem Gonçalves, está localizada na região oeste da Cidade, em área de expansão, no bairro de Santa Cruz, XIX RA- Santa Cruz. É um terreno plano de esquina com a Estrada do Cortume. A Estrada dos Palmares é uma via local.

A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto n° 322/76, que define a localidade como ZI 1- Zona Industrial 1 e uma ZUPI- Zona de Uso Predominantemente Industrial, segundo Portaria Estadual n° 176/1983, não se localiza em área comercial. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a assistida. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 2. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. n° 3.211/81 e Dec.n°1.918/78. A área de projeção é definida pelo Art. 91, sendo que para ZI na XIX RA a área livre é de 30%. O afastamento frontal é definido pelo Dec. 6.6640. de 20/05/1987.

Não há tombamento para o local.



Imagem Aérea Google Earth- Estrada dos Palmares, n° 4603 Foto Google Street

## **8. CRECHE MUNICIPAL SEMPRE VIDA COLÔNIA DOS PESCADORES**

END.: RUA BARREIRO GRANDE, n° 35, PEDRA DE GUARATIBA.

A Creche Municipal Sempre Vida Colônia dos Pescadores, está localizada na região oeste da Cidade, em área de expansão, no bairro de Pedra de Guaratiba, XXVI RA- Guaratiba. É um terreno plano de esquina com a Rua Belchior da Fonógrafo. A Rua Barreiro Grande é uma via local. A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto n° 322/76, que define a localidade como ZR2 Zona Residencial 2, não se localiza em área comercial. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a condicionada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 1,5. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. n° 3.211/81 e Dec.n°1.918/78. A área de projeção é definida pelo Art. 91, sendo que para ZI na XXVI RA a área livre é de 50%. O afastamento frontal é definido pelo Dec. 6.640. de 20/05/1987. A Área 4 é de Interesse Agrícola, segundo Dec. n° 5648 de 30/12/1985.



Imagem Aérea Google Earth- Rua Barreiro Grande, n° 35 Foto Google Street

## **9. ESCOLA MUNICIPAL PROFESSORA LAVÍNIA DE OLIVEIRA ESCRAGNOLLE DÓRIA**

END.: RUA CINQUENTA E TRÊS, n° 203, GALEÃO.

A Escola Municipal Professora Lavínia de Oliveira Escragnoles Dória, está localizada na região norte da Cidade, no bairro do Galeão, XX RA- Ilha do Governador. É um terreno plano no meio de quadra. A Rua Cinquenta e Três é uma via local. A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto n° 322/76, que define a localidade como ZE7- Zona Especial 7. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 3,5. Por ser uma Zona Especial, não há para o local parâmetros gerais. A área é de segurança, pela proximidade com o Aeroporto Tom Jobim, Galeão.



Imagem Aérea Google Earth- Rua Cinquenta e Três, n° 203 Foto Google Street

## **10. ESCOLA MUNICIPAL MAESTRO FRANCISCO BRAGA**

END.: RUA HAROLDO LOBO, n° 533, ILHA DO GOVERNADOR.

A Escola Municipal Maestro Francisco Braga, está localizada na região norte da Cidade, no bairro da Portuguesa, XX RA- Ilha do Governador. É um terreno plano de esquina com a Rua Carlos Mezzano e a Praça Stuart Janes Rangel. A Rua Haroldo Lobo é uma via local. A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto n° 322/76, alterado pelo Dec. n° 2108/79, que define a localidade como ZR2- Zona Residencial 2. A área não é comercial. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 1,5. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. n° 2108/79 e Dec. n° 2678/80 e L.O. - Art. N° 448 / 90. O afastamento frontal é definido pelo Dec. 6640. de 20/05/1987. A área de projeção é definida pelo Art. 91, sendo que para ZR na XX RA a área livre é de 50%. O afastamento frontal é definido pelo Dec. 6.640. de 20/05/1987. Não há tombamento para o local.

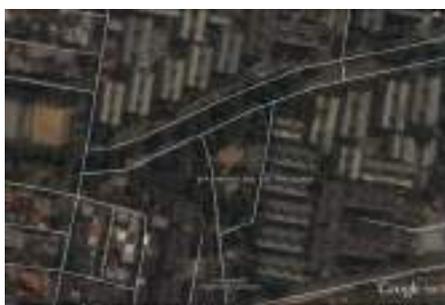


Imagem Aérea Google Earth- Rua Haroldo Lobo, n° 533 Foto Google Street

## **11. ESCOLA MUNICIPAL PROFESSOR HELTON ALVARES VELOSO DE CASTRO**

END.: RUA PROJETADA A- VILA ROMANA / RUA PROJETADA C, SANTÍSSIMO

A Escola Municipal Prof. Helton Alvares Veloso de Castro, está localizada na zona oeste, no bairro de Santíssimo, XIX RA- Santa Cruz. É um terreno plano. A Rua Projetada C é uma via local. A legislação urbanística para o local se refere a L.C. n° 72/2004, que define a localidade como ZR4- Zona Residencial 4. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a assistida. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno, de acordo com a L.C. n° 72/2004, é 3. O gabarito para o local é definido pela L.C. n° 72/2004, em complemento aos Dec. n° 3.211/81 e Dec. n° 918/1978. Os parâmetros- afastamento frontal e taxa de ocupação é definido pela L.C. n° 72/2004 , em complemneto ao Dec. n° 6.640 de 20/05/1987. O local encontra-se na Área 4- De Interesse Agrícola, de acordo com o Dec. n° 5.648 de 30/12/1985.



Imagem Aérea Google Earth- Rua Projetada C, Santíssimo.

## **12. ESPAÇO DE DESENVOLVIMENTO INFANTIL MILENA SANTOS NASCIMENTO**

END.: RUA TEOTÔNIO VILELA COM RUA GILBERTO OLIMPIO MARIA, S/Nº, RECREIO.

O Espaço de Desenvolvimento Infantil Milena Santos Nascimento, está localizado na zona oeste, em área de expansão na Cidade, no bairro do Recreio, XXIV RA- Barra da Tijuca, É um terreno plano, próximo a esquina com a Rua Gilberto Olimpio Maria. A Avenida Teotônio Vilela é uma via local principal. A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto n° 3046/81, que define a localidade como ZE5- Zona Especial do PAL n° 34291/77, Subzona A21A. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a condicionada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é de acordo com o Dec. n° 3046/81- PAL n° 34.291/77. O gabarito para o local os parâmetros- afastamento frontal e taxa de ocupação é definido pelo Dec. n° 3046/81 e o Ofício INEPAC n° 208/94. O local encontra-se na A.E.I.A. Baixada de Jacarepaguá- Dec. 12.329/93. Pertence a Área de Ambiência do Morro de Rangel de acordo com o Ofício INEPAC n° 208 de 19/12/1994.



Imagem Aérea Google Earth- Avenida Teotônio Vilela, s/nº, Recreio, Foto Google Street

### 13. ESCOLA MUNICIPAL ROBERTO BURLE MARX

END.: RUA FRANZ WEISSMAN, N°80, CURICICA.

A Escola Municipal Roberto Burle Marx está localizada na região oeste, XVI RA- Jacarepaguá. É um terreno plano de esquina com a Estrada Cel. Pedro Correa. O logradouro é uma via local, de médio porte. A legislação urbanística existente se refere ao Decreto n° 3046/1981, estando localizada na ZE5, Subzona A36B. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 1. Para o local os parâmetros gabarito e afastamentos são definidos pelo Dec. n° 3046/1981. Não há tombamento definido para o local.



Imagem Aérea Google Earth- Rua Franz Weissman, n°80      Foto Google Street

### 14. ESCOLA MUNICIPAL EMBAIXADOR JOÃO NEVES DA FONTOURA

END.: PÇA. DAS ESMERALDAS, N° 23, ROCHA MIRANDA.

A Escola Municipal Embaixador João Neves da Fontoura está localizada na região norte da Cidade, XV RA- Madureira. É um terreno plano, ocupa toda a quadra. Não há mais uma praça no local. A legislação urbanística existente se refere ao Decreto n° 322/1976 que estabelece que a localidade é uma ZI 2- Zona Industrial 2, estando localizada numa área comercial de leve porte. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 2,5. A área de projeção é definida pelo Art. 91 do Dec.322/76, sendo que para ZI2 na XV RA a área livre é de 30%. O gabarito é definido pelo Dec. n° 322/76, e o Art. n° 448 da L.O./1990. Os afastamentos são definidos pelo Dec. n° 6640/1987.



Imagem Aérea Google Earth- Praça das Esmeraldas, n°23      Foto Google Street

## 15. ESCOLA MUNICIPAL SEBASTIÃO DE LACERDA

END.: RUA CANUDOS, S/Nº, IRAJÁ.

A Escola Municipal Sebastião de Lacerda está localizada na região norte da Cidade, XIV RA- Irajá. É um terreno plano, no meio de quadra, com acesso por 2 lados. A Rua Canudos é uma via local, de pequeno porte.

A legislação urbanística existente se refere ao Decreto nº 322/1976, com zoneamento variável para a área. Não se encontra em área comercial. A macrozona, segundo L.C. nº 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 4. A área de projeção é definida pelo Art. 91 do Dec.322/76, sendo que para ZR4 na XIV RA a área livre é de 40% para ZR / ZT e 30% para as demais zonas. O gabarito é definido pelo Dec. nº 322/76, e o Art. nº 448 da L.O./1990. Os afastamentos são definidos pelo Dec. nº 6640/1987.



Imagem Aérea Google Earth- Rua Canudos s/nº      Foto Google Street

## 16. ESCOLA MUNICIPAL PROFESSOR WAN-TUYL DA SILVA CARDOSO

END.: RUA OLIMPIA ESTEVES, S/Nº, PADRE MIGUEL.

A Escola Municipal Prof. Wan-Tuyl da Silva Cardoso, está localizada na região norte no bairro de Padre Miguel, XVII- Bangu. É um terreno plano que ocupa toda a quadra. O logradouro Rua Olimpia Esteves é uma via local, de médio porte. A legislação urbanística existente se refere ao Dec. nº 322/76 e à LC nº49/2000 que modifica em parte o Dec. nº 7.914, de 3 de agosto de 1988- PEU Bangu e estabelece que a localidade é uma M1R4- Zona Multifamiliar 1 limite c/ ZR4- Zona Residencial 4, sendo considerada a localidade não comercial. A macrozona, segundo L.C. nº 111/2011, é a assistida. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 3,5. A área de projeção é definida pelo Art. 91 do Dec.322/76, sendo que para ZR4 na XVII RA a área livre é de 50%. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. nº 322/76 e a L.C. nº 49 / 2000. O afastamento frontal é definido pelo Dec. nº 6.640 de 20/05/1987.

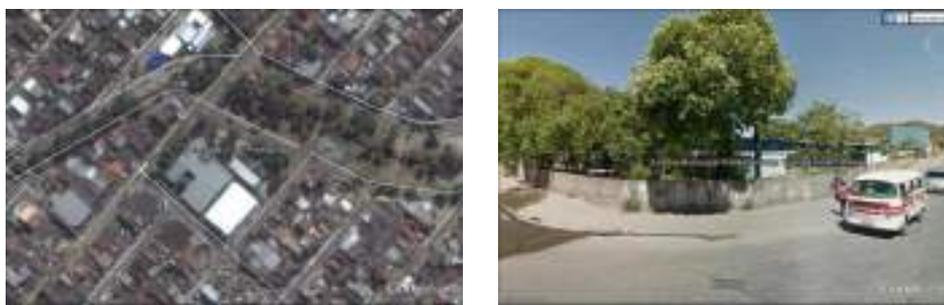


Imagem Aérea Google Earth- Rua Olimpia Esteves, s/nº      Foto Google Street

## 17. ESCOLA MUNICIPAL CHURCHILL

END.: RUA MAXIMIANO MACHADO, Nº 1, MAGALHÃES BASTOS.

A Escola Municipal Churchill, está localizada na região norte da Cidade, no bairro de Magalhães Bastos, XXXIII RA- Realengo. É um terreno plano de esquina com as Ruas Maciel Pinheiro e Gal. Lopes Machado. A Rua Maximiano Machado é uma via local. A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto nº 322/76, que define a localidade como ZR4- Zona Residencial 4, não se localiza em área comercial. A macrozona, segundo L.C. nº 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 4. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. nº 322/76, em seus artigos 80, 81 e 82- Escolas e o Art. 448 da Lei Orgânica, que limita para as construções coladas na divisa, até 12 metros de altura. O afastamento frontal é definido pelo Dec. nº 6.640 de 20/05/1987.

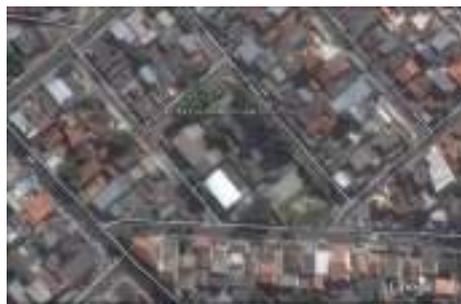


Imagem Aérea Google Earth- Rua Maximiano Machado, nº1 Foto Google Street

## 18. ESCOLA MUNICIPAL BRASIL

END.: RUA ANDRÉ AZEVEDO, S/Nº, OLARIA.

A Escola Municipal Brasil está localizada na região norte da Cidade, no bairro de Olaria, X RA- Ramos. É um terreno plano que ocupa toda a quadra. O logradouro reconhecido é a Rua André Azevedo, uma via local. A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto nº 322/76, que define a localidade como ZI 2- Zona Industrial 2 e ZUPI- Zona de Uso Predominantemente Industrial, de acordo com a Portaria Estadual nº 176/83. Não se localiza em área comercial. A macrozona, segundo L.C. nº 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 3. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. nº 322/76, em seus artigos 80, 81 e 82- Escolas e o Art. 448 da Lei Orgânica, que limita para as construções coladas na divisa, até 12 metros de altura. A área de projeção é definida pelo Art. 91, sendo que para ZI na X RA a área livre é de 30%. O afastamento frontal é definido pelo Dec. nº 6.640 de 20/05/1987. Não há tombamento para o local.

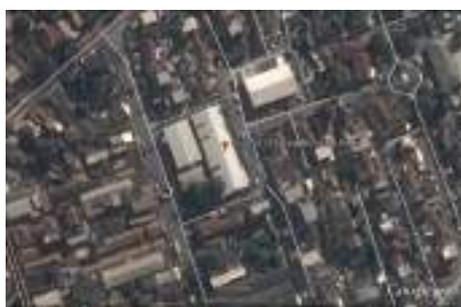


Imagem Aérea Google Earth- Rua André Azevedo, s/nº Foto Google Street

## 19. ESCOLA MUNICIPAL MINISTRO PLÍNIO CASADO

END.: RUA PEQUIRI, n° 237, BRÁS DE PINA.

A Escola Municipal Ministro Plínio Casado, está localizada na região norte da Cidade, no bairro de Brás de Pina, XI RA- Penha. É um terreno plano no meio de quadra. A Rua Pequiri é uma via local. A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto n° 7654/1988- PEU Penha que define a localidade como ZRM Zona Residencial Multifamiliar, não se localiza em área comercial. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 4. Para o local o gabarito é definido pelos Decretos n°s 7654/1988 e 8320/88 E L.O. Art. n° 448/1990. O afastamento frontal é definido pelo Dec. n° 6.640 de 20/05/1987. Não há tombamento para o local.

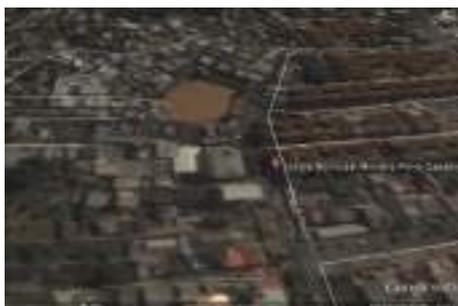


Imagem Aérea Google Earth- Rua Pequiri, n° 237 Foto Google Street

## 20. ESCOLA MUNICIPAL ALÍPIO MIRANDA RIBEIRO

END.: RUA AGENOR PORTO, s/n°, COELHO NETO.

A Escola Municipal Alípio Miranda Ribeiro, está localizada na região norte da Cidade, no bairro de Coelho Neto, XXV RA- Pavuna. É um terreno plano incluindo toda a quadra. Tem como um dos limites no fundos o Rio Acari. A Rua Agenor Porto é uma via local. A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto n° 322/76, que define a localidade como ZR5- Zona Residencial 5. É uma área comercial de leve porte. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 1,5. A área de projeção é definida pelo Art. 91, sendo que para ZR na XXV RA a área livre é de 50%. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. n° 322/76, em seus artigos 80, 81 e 82- Escolas e o Art.448 da Lei Orgânica, que limita para as construções coladas na divisa, até 12 metros de altura. Não há tombamento para o local.

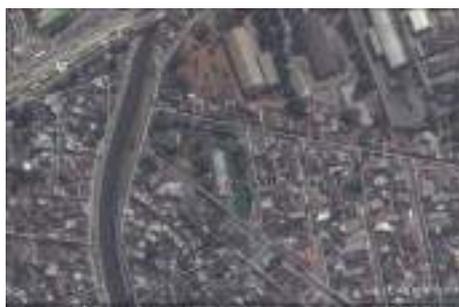


Imagem Aérea Google Earth- Rua Agenor Porto, s/n°, Foto Google Street

## **21. ESCOLA MUNICIPAL VIRGÍLIO FRANCISCO MONTEIRO**

**END.: RUA ENDER, n° 180, ACARI.**

A Escola Municipal Virgílio Francisco Monteiro, está localizada na região norte da Cidade, no bairro de Acari, XXV RA- Pavuna. É um terreno plano de esquina incluindo toda a quadra. O limite de fundos é com o Rio Acari. A Rua Ender é uma via local. A legislação urbanística para o local se refere ao Decreto n° 322/76 que define a localidade como ZI2- Zona Industrial 2. A área não é comercial. A macrozona, segundo L.C. n° 111/2011, é a incentivada. O I.A.T.- Índice de Aproveitamento do Terreno é 1,5. Para o local o gabarito é definido pelo Dec. n° 2108/79 e Dec. n° 2678/80 e L.O.- Art. n° 448/90. O afastamento frontal é definido pelo Dec. n° 6640 de 20/05/1987. A área de projeção é definida pelo Art. 91, sendo que para ZR na XXV RA a área livre é de 50%. O afastamento frontal é definido pelo Dec. n° 6.640 de 20/05/1987. Não há tombamento para o local.

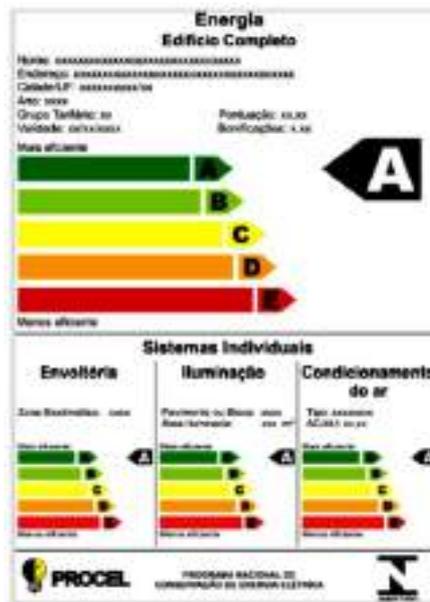


Imagem Aérea Google Earth- Rua Ender, n° 180

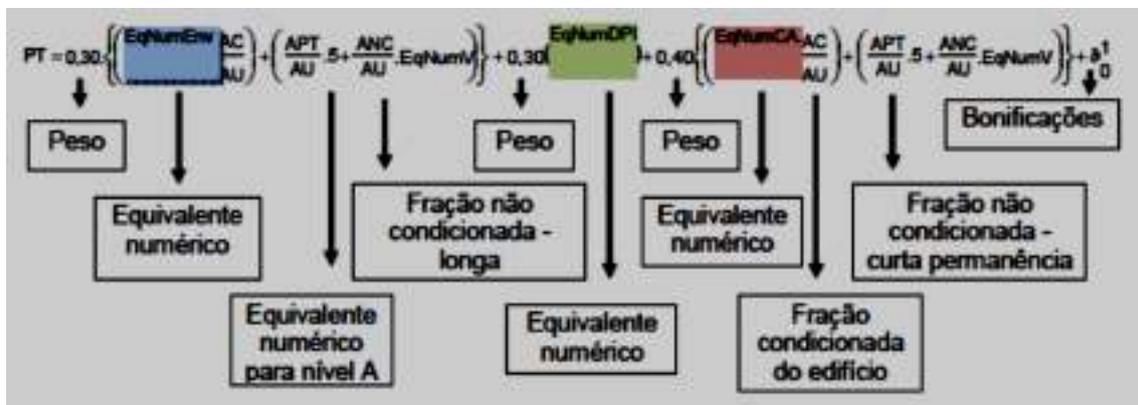
Foto Google Street

## ANEXO 2: RESUMO DA METODOLOGIA RTQ-C

A aplicação da Etiqueta de EE em prédios públicos é orientada pelo RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos). O RTQ-C fornece uma classificação de edifícios através da determinação da eficiência de três sistemas: **Envoltória**, **Iluminação** e **Condicionamento de Ar**. Cada sistema deve obedecer a pré-requisitos obrigatórios que, se não cumpridos, reduzem os níveis de eficiência do edifício. São consideradas também **bonificações** decorrentes da aplicação de medidas não obrigatórias que podem aumentar a eficiência do edifício, tais como o uso de energia solar para aquecimento de água, o uso racional de água, e cogeração.



Os três sistemas e as bonificações são reunidos em uma **equação geral de classificação** do nível de eficiência do edifício, na qual é atribuído um peso a cada sistema: 30% para envoltória, 40% para ar condicionado, e 30% para iluminação interna. A equação e suas variáveis estão representadas a seguir.



A classificação da **envoltória** faz-se através da determinação de um conjunto de índices referentes às características físicas do edifício. Estes parâmetros compõem a “pele” da edificação (como cobertura, fachada e aberturas), e são complementados pelo volume, pela área de piso do edifício e pela orientação das fachadas. Componentes opacos e dispositivos de iluminação zenital são definidos em pré-requisitos; as aberturas verticais são avaliadas através de equações.

A eficiência do **sistema de iluminação** é determinada calculando a densidade de potência instalada pela iluminação interna, de acordo com as diferentes atividades exercidas pelos usuários de cada ambiente. Para a determinação da iluminação adequada a cada atividade, o RTQ-C segue a norma NBR 5413: calcula-se a potência instalada de iluminação, a iluminância de projeto e a iluminância gerada pelo sistema para determinação da eficiência. Quanto menor a potência utilizada, garantidas as condições adequadas de iluminação, menor é a energia consumida e mais eficiente é o sistema. Este item deve ser avaliado por ambiente, uma vez que estes podem ter diferentes usos e, portanto, distintas necessidades de iluminação.

A classificação da eficiência do **sistema de condicionamento** de ar pode ser dividida em duas diferentes classes:

1. **Sistemas individuais e split** já classificados pelo INMETRO. Desta forma, deve-se apenas consultar os níveis de eficiência fornecidos nas etiquetas do INMETRO para cada um dos aparelhos instalados na edificação para posteriormente aplicar o resultado na equação geral do edifício;
2. **Sistemas centrais de condicionamento de ar**, não classificados pelo INMETRO: a classificação depende da verificação de requisitos estabelecidos pelo RTQ-C.

Os Métodos de classificação do nível de EE são:

- **Método prescritivo:** através da aplicação de uma equação fornecida, válida para edifícios condicionados. Não é possível considerar o efeito da ventilação natural nesse método.
- **Método de simulação:** usando o método prescritivo e a simulação do desempenho termo-energético de edifícios condicionados e não condicionados.

Os prédios escolares vêm sendo climatizados, embora essas instalações não sejam orientadas por projetos específicos. Assumindo-se a premissa de que todas as escolas tendem a funcionar com ar condicionado, exploraremos o **método prescritivo** para avaliar o nível de eficiência energética das unidades escolares, dentro dos limites das informações disponíveis nos projetos. Os passos são os seguintes:

#### ➤ **Pré-requisitos gerais**

São necessários para obtenção da classificação geral do nível de EE do edifício. O não atendimento a esses pré-requisitos impede a obtenção de etiqueta completa A, B ou C: um edifício pode obter etiquetas parciais nível A (envoltórias, sistemas de iluminação e de ar condicionado). Não atendidos os pré-requisitos gerais, terá eficiência D.

- **Medição centralizada por uso final:** Os circuitos elétricos dos sistemas de iluminação, sistemas de condicionamento de ar e outros devem ser projetados separadamente para permitir medições de consumo de energia que facilitarão diagnósticos e indicações de melhorias. O não atendimento implicará em **nível C**, no máximo.
- **Aquecimento de água:** Atendimento comprovado de **percentuais da demanda de água quente** por um ou mais dos sistemas a seguir: sistema de aquecimento solar, aquecedores instantâneos a gás, bombas de calor, caldeiras a gás. Cada sistema deverá respeitar critérios de dimensionamento, instalações, isolamento de tubulações, bem como atender a normas técnicas, selos e etiquetas de eficiência energética;
  - **Nível A:** atendimento comprovado de **100%** da demanda de água quente;
  - **Nível B:** atendimento igual ou superior a **70%** da demanda de água quente;
  - **Nível C:**
    - ◆ atendimento inferior a 70% da demanda de água quente por sistemas de aquecimento solar e a gás, complementados por sistemas de aquecimento elétrico de água;
    - ◆ uso exclusivo de sistemas aquecimento elétrico de água: aquecedores elétricos de passagem ou por acumulação, chuveiros e torneiras elétricas. Cada sistema deverá respeitar critérios específicos, selos e etiquetas de eficiência energética, e regulamentos do PBE/Edifica.

#### ➤ **Pré-requisitos específicos**

Atendem a critérios de cada item: envoltória, Sistema de iluminação, sistema de ar condicionado; alterando a eficiência parcial de cada sistema.

#### ➤ **Envoltória**

A envoltória protege o interior do edifício. Quanto mais este interior é exposto, maior a troca térmica permitida entre o interior e o exterior. Envoltórias com maiores trocas térmicas implicam em elevados ganhos de calor em climas quentes e maiores perdas de calor em climas frios.

O extenso território brasileiro abrange diferentes realidades climáticas, que exigem estratégias distintas para obtenção de conforto térmico e eficiência energética. O RTQ-C considera as 8 Zonas Bioclimáticas da NBR 15.220, parte 3. Serão destacados os limites para a Zona Bioclimática 8, à qual pertence a Cidade do Rio de Janeiro (NBR ....).

No RTQ-C, são consideradas a transmitância térmica das paredes exteriores e coberturas, cores e absorvância das superfícies, e a iluminação zenital. Os prédios escolares que serão abordados não possuem iluminação zenital, então esses limites não serão detalhados. Parte-se também da premissa que os ambientes são climatizados artificialmente.

#### ▪ **Pré-requisitos específicos**

Os parâmetros básicos são:

- **Transmitância térmica (U):** transmissão de calor através de um elemento construtivo (componentes opacos de fachadas e coberturas). A transmitância

térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da NBR 15220 - Parte 2; observar RTQ-C, item 3.2.1;

- **Capacidade térmica (C):** quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema.
- Absortância térmica à radiação solar ( $\alpha$ ): quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente por esta mesma superfície. Para avaliação das cores e absortância de superfícies, deve-se considerar a média das absortâncias de cada parcela das paredes e coberturas, ponderadas pelas áreas. Ver RTQ-C, item 3.2.2;
- Percentual de abertura zenital (PAZ): percentual de área de abertura zenital na cobertura
- Fator Solar (FS): Razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura.

Nível de Eficiência	Transmitância térmica (U)		Cores e absortância de superfícies ( $\alpha$ )	Iluminação zenital
	Coberturas ( $U_{cob}$ )	Paredes externas ( $U_{par}$ )		
A	1,00 W/m <sup>2</sup> K	c ≤ 80 kJ/m <sup>2</sup> K: $U_{par} \leq 2,5$ W/m <sup>2</sup> K c > 80 kJ/m <sup>2</sup> K: $U_{par} \leq 3,7$ W/m <sup>2</sup> K	$\alpha < 0,50$	PAZ: de 0 a 5%, para FS de 0,87 a 0,30
B	1,50 W/m <sup>2</sup> K			
C e D	2,0 W/m <sup>2</sup> K			

▪ **Procedimentos de cálculo para o Indicador de Consumo:**

O **Indicador de Consumo (IC)** é um parâmetro para avaliação comparativa da eficiência da envoltória gerada através de resultados de consumo de energia simulados para diversas tipologias de edificações comerciais brasileiras. Visa prever como a envoltória de um edifício impactará no consumo de energia elétrica. Através do cálculo do IC, é possível identificar as envoltórias mais eficientes. Para tal, são calculados o **Indicador de Consumo da Envoltória (IC<sub>env</sub>)** e os limites **máximo (IC<sub>maxD</sub>)** e **mínimo (IC<sub>min</sub>)** do IC para aquela volumetria, para determinação do nível de eficiência energética.

O IC não reflete o consumo de energia elétrica da edificação, pois desconsidera parâmetros como cargas internas, e tipo e eficiência do sistema de condicionamento de ar. É um indicador para comparação entre edificações cuja volumetria é idêntica (Fator de Forma e Fator Altura), de forma que represente as variações de eficiência decorrentes somente da envoltória.

O **Indicador de Consumo da Envoltória (IC<sub>env</sub>)** reflete o desempenho da envoltória em estudo, e é calculado a partir dos dados de projeto. Para se determinar seu valor, é necessário o cálculo das seguintes variáveis:

- **Área de projeção do edifício (A<sub>pe</sub>, m<sup>2</sup>):** área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos;
- **Área total construída (A<sub>tot</sub>, m<sup>2</sup>):** soma das áreas de piso dos ambientes fechados da construção, medidas externamente;
- **Área da envoltória (A<sub>env</sub>, m<sup>2</sup>):** soma das áreas das fachadas, empenas e cobertura, incluindo as aberturas;

- **Fator de Altura (FA):** razão entre a área de projeção da cobertura ( $A_{pcob}$ ) e a área total construída ( $A_{tot}$ ).
- **Fator de Forma (FF):** razão entre a área da envoltória ( $A_{env}$ ) e o volume total da edificação ( $V_{tot}$ ).
- **Percentual de Abertura na Fachada Total (PAF<sub>T</sub>):** valor médio representativo do percentual de aberturas de todas as fachadas. Primeiramente deve-se realizar o cálculo do PAF para a fachada oeste (PAF<sub>O</sub>) e em seguida o PAF<sub>T</sub>. Se o PAF<sub>O</sub> for pelo menos 20% maior que o PAF<sub>T</sub>, deve-se adotar o PAF<sub>O</sub> na equação;
- **Ângulos de Sombreamento:** resultados da ponderação dos ângulos em função da área das aberturas.
  - ◆ **Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS):** formado entre 2 planos que contêm a base da abertura: o plano vertical na base da folha de vidro, e a extremidade mais distante da proteção solar horizontal até a base da folha de vidro;
  - ◆ **Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS):** formado entre 2 planos verticais: o que contém a base da folha de vidro, e o formado pela extremidade mais distante da proteção solar vertical e a extremidade oposta da base da folha de vidro. O AHS de cada abertura deve ser calculado como a média dos dois ângulos encontrados, um para cada lateral da abertura.
- **Volume total da edificação (V<sub>tot</sub>, m<sup>3</sup>):** Volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos.

▪ **Procedimentos de determinação da eficiência:**

O cálculo do **Índice de Consumo (IC)** exige, além da determinação do **Indicador de Consumo da Envoltória (IC<sub>env</sub>)**, o estabelecimento de limites máximo e mínimo de IC, e a determinação de valores-limites que para os níveis de eficiência A, B, C e D.

- **Limite máximo do IC (IC<sub>maxD</sub>):** limite máximo do indicador de consumo para aquela volumetria. Acima deste valor, a edificação recebe Nível E
- **Limite mínimo do IC (IC<sub>min</sub>):** limite mínimo do indicador de consumo para aquela volumetria.

A partir desses limites, define-se a faixa de valores de IC admissíveis para os níveis de EE da envoltória:

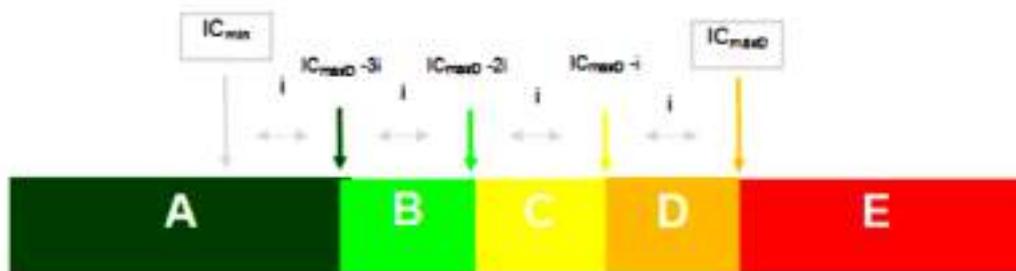


Figura 3.10. Ilustração do cálculo de IC

A determinação do Nível de eficiência da envoltória tem os seguintes passos:

- Determina-se a equação do IC em função da Zona Bioclimática em que está a edificação (ZB 8, no caso da Cidade do Rio de Janeiro);
- Calcula-se a **área de projeção do edifício** ( $A_{pe}$ );
- Determina-se o **fator de forma** (FF);
- Determina-se o  $IC_{env}$  após o cálculo das demais variáveis (ver seção anterior);
- Calculam-se os limites máximo e mínimo do IC ( $IC_{maxD}$  e  $IC_{min}$ );
- Calculam-se os limites dos intervalos para os níveis de eficiência

#### ➤ Sistema de iluminação

A iluminação artificial é essencial para o funcionamento dos edifícios. Complementa a oferta de luz natural em horários e locais em que esta não supre os níveis de iluminação mínimos adequados. Estes níveis são estabelecidos pela NBR 5413. No entanto, os sistemas de iluminação consomem energia e geram cargas térmicas. Essas cargas sobrecarregam os sistemas de ar condicionado, aumentando o consumo geral do edifício. Sistemas de iluminação eficientes fornecem níveis adequados de iluminâncias para as tarefas visuais com o menor consumo de energia e a menor geração de carga térmica. São definidos através da densidade de potência instalada no sistema de iluminação. O RTQ-C admite classificações parciais da eficiência da iluminação.

#### ▪ Pré-requisitos específicos

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C
Divisão dos Circuitos	Sim	Sim	Sim
Contribuição da luz natural	Sim	Sim	
Desligamento automático	Sim		

- **Divisão dos Circuitos:** cada ambiente deve ter pelo menos um dispositivo de controle manual para acionamento da iluminação interna, localizado de forma que permita a visão clara de todo o ambiente. Deve-se observar relação entre áreas dos ambientes e áreas de controle independente
- **Contribuição da luz natural:** as luminárias próximas às janelas devem possuir dispositivo de desligamento independente do resto do sistema.

- **Desligamento automático:** obrigatório para ambientes acima de 250 m<sup>2</sup>. Deve-se garantir desligamento dos sistemas de iluminação quando os ambientes estiverem desocupados, por meio de um dos 3 métodos:
  - ◆ Sistema automático com desligamento em horário pré-determinado;
  - ◆ Sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos os ocupantes;
  - ◆ Sinal ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

▪ **Procedimento da determinação da eficiência**

Estabelece o limite de potência de iluminação interna. São excluídos dos cálculos sistemas complementares à iluminação geral (com controle independente). A avaliação do sistema de iluminação pode ser realizada por meio de dois métodos:

- **Método da área do edifício:** avalia conjuntamente todos os ambientes do edifício e atribui um único valor limite para o sistema. Deve ser aplicado em edifícios com até 3 atividades principais, ou para atividades que ocupem mais de 30% da área do edifício;
- **Método das atividades:** avalia separadamente os ambientes do edifício. Deve ser usado em que o método da área não é aplicável.

➤ **SISTEMA DE AR CONDICIONADO**

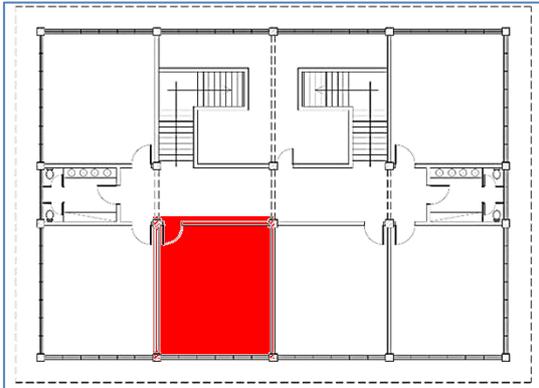
O RTQ-C aborda de forma distinta sistemas de ar condicionado segundo a existência ou não de avaliação destes pelo INMETRO. Sistemas compostos por equipamentos de janela ou Split são classificados a partir no nível atribuído pelo INMETRO a cada modelo. Sistemas de condicionamento central e alguns tipos de Split não são abrangidos por norma de eficiência do INMETRO. Seus desempenhos são avaliados por critérios específicos. O RTQ-C admite classificações parciais da eficiência do sistema de ar condicionado.

- **Pré-requisitos específicos para o Nível A**
  - **Proteção das unidades condensadoras:** as unidades condensadoras dos sistemas devem estar sombreadas permanentemente e com ventilação adequada;
  - **Isolamento térmico dos dutos de ar:** os dutos de ar devem atender a requisitos de espessuras mínimas de isolamento;
  - **Condicionamento de ar por aquecimento artificial:** sistemas com bombas de calor, sistemas unitários de ciclo reverso e caldeiras a gás devem atender a indicadores mínimos de eficiência energética.
- **Procedimento de determinação da eficiência**
  - **Sistemas de condicionamento de ar regulamentados pelo INMETRO**
    - ◆ Se a carga térmica pico da edificação for superior a 350kW (100TR), o sistema de ar condicionado deve ser central, exceto se comprovado por meio de memorial de cálculo de simultaneidade que sistemas individuais apresentam menor consumo.

- ◆ Para se determinar a eficiência de sistemas compostos por aparelhos de janela ou Split, deve-se consultar a eficiência das unidades nas Tabelas INMETRO para cada ambiente, ponderando as eficiências por potência. Para a classificação de um conjunto de diversos ambientes, deve-se ponderar as eficiências dos diversos ambientes por área.
- **Sistemas de condicionamento de ar não regulamentados pelo INMETRO:**
  - ◆ **Requisitos mínimos de eficiência para condicionadores de ar, resfriadores de líquido, condensadores e torres de arrefecimento:** os requisitos mínimos para classificação da eficiência energética dos diversos componentes dos sistemas centrais de condicionamento de ar estão distribuídos em tabelas específicas.
  - ◆ **Cálculo da carga térmica:** as cargas térmicas devem estar calculadas de acordo com normas ASHRAE ou NBR 16401;
  - ◆ **Controle de temperatura por zona:** cada zona térmica deve ser controlada por um termostato, a não ser que seja atendida também por sistema perimetral com termostato de controle de parede externa. Os termostatos que atuam sobre aquecimento e resfriamento devem atender a critérios de faixa de temperatura de controle. Devem ser também atendidos critérios para aquecimento suplementar, e aquecimento e resfriamento simultâneo.
  - ◆ **Sistema de desligamento automático:** deve haver pelo menos um tipo de sistema: controles de ativação/desativação programáveis para todos os dias da semana; sensor de ocupação para desligamento do sistema após 230 minutos sem ocupação do ambiente; ou temporizador de acionamento anual para operação do sistema por até 2 horas.
  - ◆ **Isolamento das zonas térmicas**

## ANEXO 3: RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO RTQ-C (envoltórias)

**Escola:** E.M. Doutor Cícero Penna  
**Endereço:** Avenida Atlântica, 1976 - Copacabana  
**CRE** 2



**Tipo - Período / Programa padrão** escolas padrão - anos 1960 (3p/6s/65 Bologna)

**Repetição da RME** 1

### Informações da Cartela Escolar:

- **Quantidade de Salas** 12
- **Turnos** Horário parcial com 1 turno

**Quantidade estimada de alunos<sup>15</sup>** 420

**Área de projeto** 731,00m<sup>2</sup>

**Área construída** 416,00m<sup>2</sup>

<sup>15</sup> Foram estimados 35 alunos por sala de aula.

## AVALIAÇÃO DE NÍVEL E.E. DA ENVOLTÓRIA (RTQ-C, MÉTODO PRESCRITIVO)

Localização

ZB8

Pré-requisitos gerais

- circuitos elétricos (não há informações de projeto)
- aquecimento de água (não há informações de projeto)

Pré-requisitos d envoltória

Ucob - ac	1,9	W/(m <sup>2</sup> k)
Ucob - anc	1,9	W/(m <sup>2</sup> k)
Upar	2,14	W/(m <sup>2</sup> k)
PAZ	0	%
αcob	73	%
Ctpar	211,5	kJ/(m <sup>2</sup> K)
αpar	73	%
FS	0	

Dados dimensionais da edificação

Atot	1248,72	m <sup>2</sup>	FA	1
Apcob	416,24	m <sup>2</sup>		
Ape	416,24	m <sup>2</sup>		
Vtot	4714,61	m <sup>2</sup>	FF	0,6
Aenv	961,39	m <sup>2</sup>		

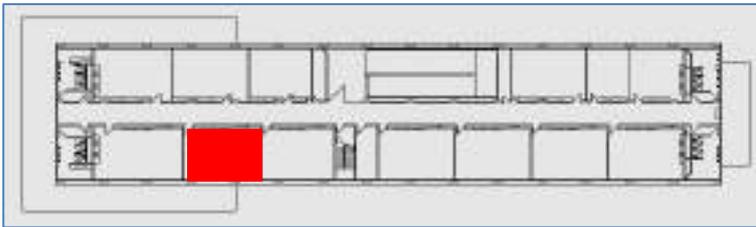
Características das aberturas

FS	0,88	
PAFt	34	%
PAFo	34	%
AVS	11,48	°
AHS	0	°

NÍVEL DE EFICIÊNCIA DA ENVOLTÓRIA: C



**Escola** CIEP Presidente Salvador Allende  
**Endereço** Rua Armando Albuquerque, s/n - Vila Isabel  
**CRE** 2



**Tipo - Período / Programa padrão** CIEP  
**Repetição da RME** 101

**Informações da Cartela Escolar:**

- **Quantidade de Salas** 26
- **Turnos** Horário parcial com 1 turno

**Quantidade estimada de alunos<sup>16</sup>** 910  
**Área de projeto** 13844,78m<sup>2</sup>  
**Área construída** 4229,8m<sup>2</sup>

**AVALIAÇÃO DE NÍVEL E.E. DA ENVOLTÓRIA (RTQ-C, MÉTODO PRESCRITIVO)**

**Localização** ZB8

<sup>16</sup> Foram estimados 35 alunos por sala de aula.

**Pré-requisitos gerais**

- circuitos elétricos (não há informações de projeto)
- aquecimento de água (não há informações de projeto)

**Pré-requisitos da envoltória**

Ucob - ac	0,65	W/(m²k)
Ucob - anc	0,65	W/(m²k)
Upar	2,847	W/(m²k)
PAZ	0	%
αcob	47	%
Ctpar	253,882	kJ/(m²K)
αpar	60	%
FS	0	

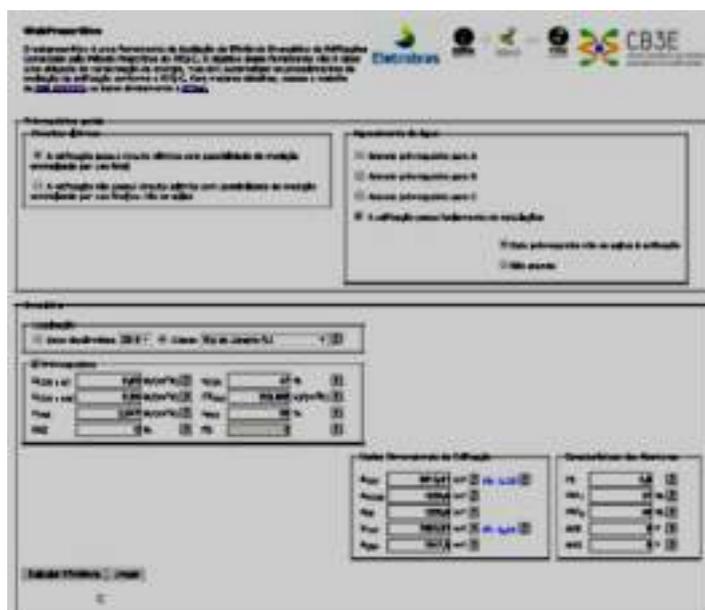
**Dados dimensionais da edificação**

Atot	3813,61	m²	FA	1
Apcob	1209,6	m²		
Ape	1209,6	m²		
Vtot	7697,67	m³	FF	0,6
Aenv	1847,9	m²		

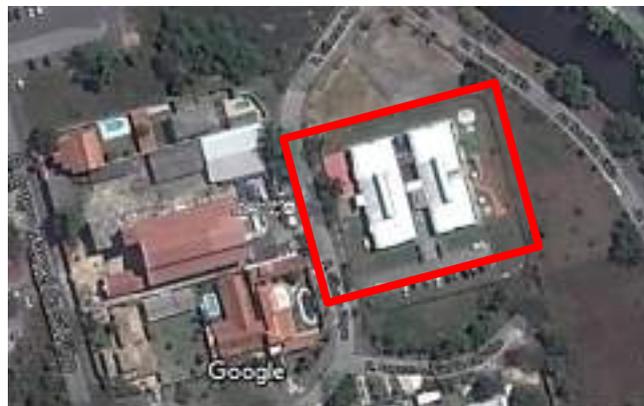
**Características das aberturas**

FS	0,8	
PAFt	37	%
PAFo	46	%
AVS	0	°
AHS	6	°

**NÍVEL DE EFICIÊNCIA DA ENVOLTÓRIA: C**



**Escola** EDI Milena Santos Nascimento  
**Endereço** Avenida Teotônio Vilela, esquina com a rua Gilberto Freire  
**CRE** 7



**Tipo - Período / Programa padrão** ano de projeto 2010  
**Repetição da RME** 1

**Informações da Cartela Escolar:**

- **Quantidade de Salas** 10
- **Turnos** horário integral/parcial

**Quantidade estimada de alunos<sup>17</sup>** 700  
**Área de projeto** 3.890,47m<sup>2</sup>  
**Área construída** 1.111,64m<sup>2</sup>

**AValiação de NÍVEL E.E. DA ENVOLTÓRIA (RTQ-C, MÉTODO PRESCRITIVO)**

**Localização** ZB8

<sup>17</sup> Foram estimados 35 alunos por sala de aula.

**Pré-requisitos gerais**

- **circuitos elétricos**      A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final
- **aquecimento de água**      (não há informações de projeto)

**Pré-requisitos da envoltória**

Ucob - ac	1,1	W/(m²k)
Ucob - anc	1,1	W/(m²k)
Upar	1,58	W/(m²k)
PAZ	0	%
αcob	4	%
Ctpar	160	kJ/(m²k)
αpar	60	%
FS	0	

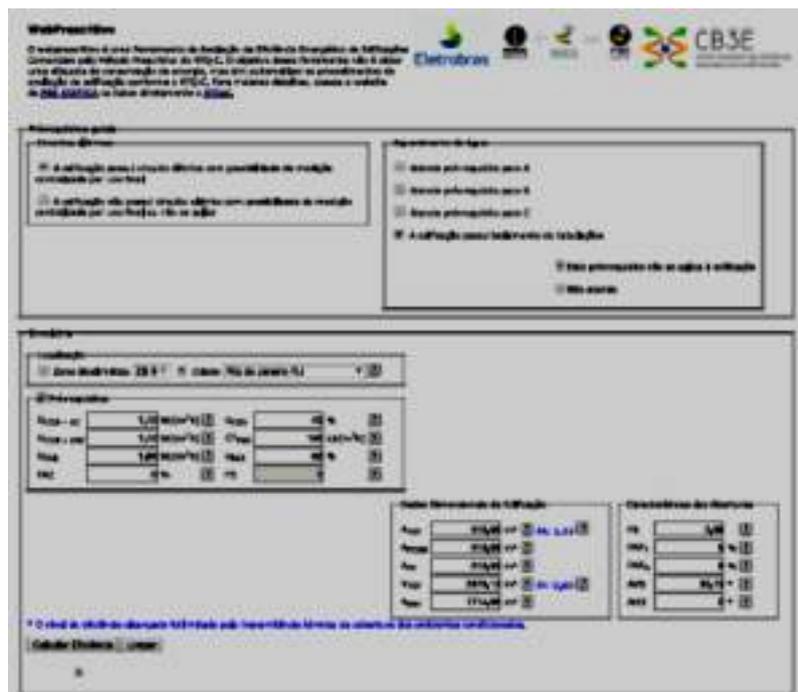
**Dados dimensionais da edificação**

Atot	1,1	m²	FA	1
Apcob	1,1	m²		
Ape	1,58	m²		
Vtot	0	m²	FF	0,6
Aenv		m²		

**Características das aberturas**

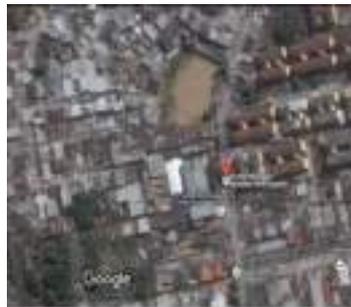
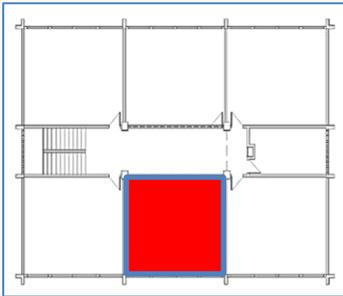
FS	0,88	
PAFt	9	%
PAFo	9	%
AVS	30,73	°
AHS	0	°

**NÍVEL DE EFICIÊNCIA DA ENVOLTÓRIA: B**



**Escola**  
**Endereço**  
**CRE**

**E.M. Ministro Plínio Casado**  
Rua Pequiri, 237 - Brás de Pina  
4



**Tipo - Período / Programa padrão**  
**Repetição da RME**

Escolas padrão - anos 1960 (4P/12S/69b caixotão)  
34

**Dados da Cartela Escolar**

- **Quantidade de Salas**
- **Turnos**

17  
Horário parcial com 1 turno

**Quantidade estimada de alunos<sup>18</sup>**

595

**Área de projeto**

1.145,03m<sup>2</sup>

**Área construída**

1.344,49m<sup>2</sup>

**AVALIAÇÃO DE NÍVEL E.E. DA ENVOLTÓRIA (RTQ-C, MÉTODO PRESCRITIVO)**

**Localização**

ZB8

**Pré-requisitos gerais**

- **circuitos elétricos**

(não há informações de projeto)

- **aquecimento de água**

A edificação possui isolamento de tubulações

<sup>18</sup> Foram estimados 35 alunos por sala de aula.

**Pré-requisitos**

Ucob - ac	0,65	W/(m²k)
Ucob - anc	0,65	W/(m²k)
Upar	2,63	W/(m²k)
PAZ	0	%
αcob	73	%
Ctpar	65,77	kJ/(m²K)
αpar	40	%
FS	0	

**Dados dimensionais da edificação**

Atot	1328,04	m²	FA	1
Apcob	332,01	m²		
Ape	332,01	m²		
Vtot	4498,74	m³	FF	0,6
Aenv	1002,7	m²		

**Características das aberturas**

FS	0,88	
PAFt	15	%
PAFo	21	%
AVS	7,19	°
AHS	9,9	°

**NÍVEL DE EFICIÊNCIA DA ENVOLTÓRIA: E**

The screenshot shows a software interface with the following sections:

- Introdução:** A brief description of the tool's purpose in Portuguese, mentioning energy efficiency and environmental impact.
- Pré-requisitos gerais:** A section with radio buttons for selecting window types (e.g., "A edificação possui janelas com características de paredes externas com um face").
- Pré-requisitos de água:** A section with radio buttons for selecting water supply options (e.g., "Água potável quente").
- Dimensões:** A section for inputting building dimensions, including area and volume.
- Pré-requisitos:** A table for inputting thermal transmittance (U) and solar radiation (g) values for different building components.
- Características das aberturas:** A section for inputting window characteristics like area, height, and orientation.

## ANEXO 4: MEDIDAS DE EFICIÊNCIA DE CONSUMO DE ÁGUA

### a. PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES (PCA)<sup>19</sup>

A distribuição de consumo predial de água varia por tipologia de edificação. Mesmo em uma única tipologia, há especificidades em função do sistema e usuários envolvidos. Em Edificações comerciais e públicas, os usos internos são para fins domésticos (principalmente uso sanitário), ar condicionado e irrigação.

Ações de **conservação de água** reduzem a quantidade de água extraída das fontes, o consumo e desperdício de água, aumentando a eficiência de uso e introduzindo sua reciclagem e reuso. Ações de **redução do consumo** são resultantes do conhecimento do sistema da edificação. Garantem a qualidade necessária das atividades de consumo com desperdício mínimo, e atuam na demanda da edificação, em que usos menos nobres podem ser supridos por água de qualidade inferior.

O **Programa de Conservação de Água (PCA)** é um conjunto de ações voltadas para a gestão da oferta e demanda de água em edificações existentes; parte delas podem ser adotadas já na fase de projeto de edificações.

No caso de edificações existentes, toma-se como pré-requisito a implementação da setorização do consumo de água, através de sistemas de medição que permitam monitorar o comportamento da água ao longo da vida útil da edificação. A medição setorizada tem como principais benefícios: o controle do consumo, a localização rápida de vazamentos e, em edifícios com diferentes usos, a associação dos pontos de medição à tipologia, ao período de uso e perfil da demanda, e a detecção rápida de anomalias. Os pontos de medição localizam-se desde o ramal predial até o subramal atendendo a um ponto. As medições *in loco* tendem a ser substituídas pela telemedição e automatização da transmissão de dados a estações de processamento e análise, permitindo a leitura do consumo em tempo real e a determinação de patamares de consumo por setor. A implantação do sistema permite intervenções rápidas e corretivas em caso de alteração relativa a índices habituais. As principais etapas são:

- **Auditoria e diagnóstico de consumo de água**
    - Análise e diagnóstico preliminar do consumo
    - Levantamento do edifício e diagnóstico do consumo
  - **Definição e execução do plano de intervenção**
    - Atuação na demanda
    - Estimativa/avaliação do impacto de redução do consumo
- **EXIGÊNCIAS MÍNIMAS DA ÁGUA NÃO POTÁVEL PARA AS ATIVIDADES EM EDIFICAÇÕES**

---

<sup>19</sup> Itens 5.4.1 a 5.4.3: Manual Conservação e Reuso da Água em Edificações (ANA, FIESP, SINDUSCON SP, 2004: manual\_agua conservação e reuso em edificações.pdf)

Ao se avaliar o uso de água não potável, devem ser consideradas as seguintes previsões de uso:

- Irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos
- Descarga em bacias sanitárias
- Refrigeração e sistema de ar condicionado
- Lavagem de roupa
- Uso ornamental
- Uso em construção civil (preparo de argamassas, controle de poeira, compactação de solo)

Definem-se 4 classes de água para reuso resumindo os critérios de qualidade:

CLASSE	USOS PREPONDERANTES	RESTRITÕES
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, uso ornamental</li> <li>➤ Lavagem de roupas e veículos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ exposição do público e usuários, cuidados com transparência, ausência de cor e odores, partículas.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Lavagem de agregados</li> <li>➤ Preparação de concreto</li> <li>➤ Compactação do solo</li> <li>➤ Controle de poeira</li> </ul>	
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ irrigação de área verde, rega de jardins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ cuidados com saúde pública e vegetação;</li> <li>➤ gerenciamento da salinidade, toxicidade de íons específicos, taxa de infiltração no solo.</li> <li>➤ Na irrigação por aspersores (águas incidentes sobre as folhas): culturas mais sensíveis podem apresentar queimaduras. Limitar concentração de cloro</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento)</li> </ul>	

#### ➤ QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS E METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

A massa de ar é composta por partículas sólidas e gases, que se dissolvem e são lixiviados na chuva. Em áreas densamente urbanizadas, as águas captadas resultam em águas poluídas e ácidas, impróprias para consumo.

A coleta das águas da chuva se dá em áreas impermeáveis: telhados, pátios, área de estacionamento, que são encaminhadas a reservatórios de acumulação, com passagem por unidades de tratamento para atingir níveis de qualidade correspondentes aos usos. Entre os benefícios, destacam-se: a conservação de água; a educação ambiental; e a redução do escoamento superficial e de carga nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais, acarretando o amortecimento dos picos das enchentes e a redução das inundações.

A metodologia básica consiste nos seguintes passos:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês), publicados em nível nacional, regional ou local;
- Determinação da área de coleta (referência: NBR 10844: instalações prediais de águas pluviais)
- Determinação do coeficiente de escoamento superficial, em função do material e acabamento da área de coleta;
- Caracterização da qualidade da água pluvial: por sistemas automáticos de amostragem, com posterior caracterização através das variáveis locais consideradas relevantes, feita após períodos variáveis de estígia para dar elementos para cálculo do reservatório de descarte;
- Projeto do reservatório de descarte: para retenção temporária e posterior descarte da água da fase inicial da precipitação. Seu volume é calculado em função da qualidade da água. Principais técnicas de descarte: tonéis, reservatórios de autolimpeza com bóia, dispositivos automáticos;
- Projeto do reservatório de armazenamento: para retenção das águas pluviais coletadas. Seu volume é calculado em base anual, considerando regime da precipitação local e características de demanda específicas. Geralmente é o item mais caro: dimensionamento deve ser feito com critério;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade)
- Estabelecimento do sistema de tratamento necessário: os sistemas dependem da qualidade da água coletada e do destino final
- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações): condutores horizontais e verticais de transporte ao sistema de armazenamento; grades ou filtros retentores de folhas, galhos e materiais grosseiros, junto às calhas ou nas tubulações verticais.

#### ➤ **EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA**<sup>20</sup>

No Brasil, o estudo de demanda e utilização de água teve início em 1995, com um acordo entre o IPT e a SABESP. Dados mostram que uma pessoa no Brasil gasta cerca de 200l de água por dia em chuveiros, bacias sanitárias, lavatórios, pias e tanques. Empresas do Brasil vêm produzindo há algum tempo dispositivos economizadores. Torneiras hidromecânicas, restritores de vazão, válvulas de acionamento automático nasceram da necessidade mundial de economizar água.

Com participação intensa do IPT, os estudos e desenvolvimentos acompanharam a evolução das bacias sanitárias. Em meados da década de 80, o IPT e um grupo de fabricantes de louças

---

<sup>20</sup> Uso racional de água em edificações públicas – monografia Elizabeth Marinho, 2007 : USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS.pdf

sanitárias desenvolveram bacias cuja descarga variava entre 4 l e 5 l de água. Hoje a normatização brasileira contempla apenas a bacia de baixo volume de descarga, operando com 6,8l.

Através do PURA, a SABESP e fabricantes de equipamentos hidráulicos, tem buscado produtos que gastem menos água sem deixar a desejar no conforto e saúde de seus usuários.

Tabela 4.1: Comparação entre produtos convencionais e produtos economizadores de água

Equipamento Convencional	Consumo	Equipamento Economizador	Consumo	Economia
Bacia com caixa acoplada	12 litros/descarga	Bacia VDR	6 l/descarga	50%
Bacia com válvula bem regulada	10 litros/descarga	Bacia VDR	6 l/descarga	40%
Ducha (água quente/fria) - até 6 mca	0,19 litros/seg	Restritor de vazão 8 l/min	0,13 l/seg	32%
Ducha (água quente/fria) - 15 a 20 mca	0,34 litros/seg	Restritor de vazão 8 l/min	0,13 l/seg	62%
Ducha (água quente/fria) - 15 a 20 mca	0,34 litros/seg	Restritor de vazão 12 l/min	0,20 l/seg	41%
Tomeira de pia até 6 mca	0,23 litros/seg	Arejador vazão cte 6 l/min	0,10 l/seg	57%
Tomeira de pia - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Arejador vazão cte 6 l/min	0,10 l/seg	76%
Tomeira uso geral/tanque até 6 mca	0,26 litros/seg	Regulador de vazão	0,13 l/seg	50%
Tomeira uso geral/tanque 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Regulador de vazão	0,21 l/seg	50%
Tomeira uso geral/tanque até 6 mca	0,26 litros/seg	Restritor de vazão	0,10 l/seg	62%
Tomeira uso geral/tanque 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Restritor de vazão	0,10 l/seg	76%
Tomeira de jardim 40 a 50 mca	0,66 litros/seg	Regulador de vazão	0,33 l/seg	50%
Mictório	2 litros/uso	Válvula autom.	1 l/seg	50%

- Tomeira de Pia - abertura 1 volta

- Ducha - abertura total

- O regulador de vazão permite à usuário regular de acordo com sua necessidade

Fonte: Relatório Mensal 3 Projeto de Pesquisa Escola Politécnica / USP e SABESP - Junho/96 e informações técnicas da ADFAMAS.

Principais aparelhos economizadores:

- **Sistemas de descarga:** compostos basicamente pela **bacia sanitária** e pelo **aparelho de descarga** que é utilizado para liberação da água, podendo ser uma válvula de descarga, caixa acoplada ou caixa suspensa. Também fazem parte do sistema o **ramal de esgoto** e sua **ventilação**. Bacias sanitárias e válvulas de descarga são por excelência os focos de projetos de racionalização de consumo. As bacias sanitárias são responsáveis por cerca de 30% do consumo em residências. Em edifícios comerciais e públicos, esse índice chega a mais de 60%, em alguns casos.
- **Bacia sanitária:** Para que haja um perfeito funcionamento do sistema de descarga, a bacia sanitária deve ser desenvolvida para: haver remoção dos dejetos líquidos e

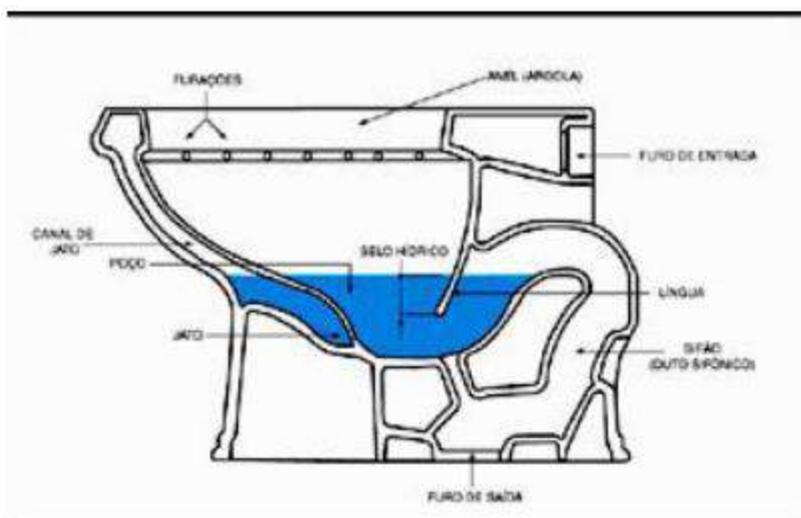
sólidos na bacia; oferecer a limpeza da superfície interna da bacia; transportar os dejetos até o sistema de coleta principal. As bacias sanitárias disponíveis são de três tipos: **acoplada**, **integrada** e **convencional**.

- **bacia convencional:** tipo mais utilizado no Brasil, é comercializada sem o aparelho de descarga;
- **bacias sanitárias integradas e acopladas:** a caixa de descarga é fornecida junto com a bacia.
  - **Bacia integrada:** forma com a caixa de descarga uma peça monolítica.
  - **Bacia acoplada:** bacia e a caixa são peças diferentes e, na instalação, a saída da caixa fica posicionada sobre a entrada da bacia.

As bacias sanitárias são classificadas quanto ao volume de descarga em: (a) *convencional*: volume médio de descarga entre 9 e 12 litros; (b) *baixo consumo*: volume médio de descarga entre 6 e 9 litros; (c) *volume de descarga reduzido*: volume médio de descarga inferior a 6,0 litros.

Quanto ao arraste de dejetos, as bacias sanitárias podem ser de ação sifônica ou de arraste.

- **bacias de ação sifônica:** a água da descarga é introduzida no interior do poço através de um colar de distribuição situado na parte superior do vaso. Orientado pela inclinação das paredes da bacia, o fluxo de água converge para o fundo do poço. A energia hidrodinâmica resultante do volume e vazão da descarga põe em movimento a massa constituída por líquidos e sólidos, depositada no interior da bacia, transferindo-a para o sifão situado no interior da bacia. Processa-se então o fenômeno da sifonagem, segundo o qual o restante do conteúdo do poço da bacia é sugado para baixo para o interior da tubulação de esgoto situada abaixo do piso.



- **bacias de arraste:** utilizadas em banheiros racionais, nos quais a tubulação de esgoto é instalada no interior das paredes acima do nível do piso. O sistema de

funcionamento por arraste pode direcionar o fluxo tanto no sentido horizontal como para baixo e podem ser apoiadas no chão ou suspensas, isto é, fixadas na parede do banheiro.



Figura 4.3: bacias sanitárias de arraste  
Fonte: [www.deca.com.br](http://www.deca.com.br)

- Aparelhos de descarga: apresentam-se em três versões: válvula de descarga, caixa acoplada e caixa suspensa.
  - **válvula de descarga:** proporciona vazão de água instantânea para a limpeza da bacia sanitária e sua instalação ocupa menos espaço interno, uma vez que a bacia chega a ser 10 a 15cm menor do que uma bacia com caixa acoplada. O seu tempo de uso é determinado pelo período em que o usuário aciona a válvula, sendo bastante utilizada em ambientes públicos devido a sua inviolabilidade e maior vida útil de seus componentes. Este tipo de sistema é o grande responsável pelo desperdício de água dentre os modelos de aparelho de descarga apresentados, pois em poucos segundos de acionamento libera grande quantidade de água. Uma das mais utilizadas é a válvula de controle de fluxo, a chamada “válvula hidra”. Proibida nos Estados Unidos e Europa há 30 anos, esse sistema possibilita uma vazão de 1,9 litros de água por segundo. Enquanto o usuário estiver acionando a válvula, a água sai sem nenhum controle, o que provoca desperdício. Por enquanto, não existe nenhuma lei no Brasil que regule o uso da válvula hidra, mas a ABNT criou normas que regulam a fabricação de sistemas de descarga de volume definido para permitir vazão de 6 litros por uso.
  - **caixa acoplada:** muito utilizada e de fácil manutenção e regulagem. Possui sistema de funcionamento hidráulico através de membrana que garante boa exatidão do volume da descarga. Estes tipos de aparelhos devem ser bem regulados com vistas a evitar vazamentos de água que, dependendo da magnitude, podem ser considerados invisíveis para o usuário. Todavia, se não houver reparo, ao longo do tempo o volume de água consumido atingirá valores significativos. Os vazamentos em bacias sanitárias ocorrem por meio do escoamento de água pelos furos do colar, principais pontos de entrada de água para todos os modelos de bacia sanitária.
  - **caixa suspensa:** (não há texto...)
- **Torneiras:** são usadas nos mais diversos pontos de uma edificação: lavatórios (banheiros), pias (cozinhas), tanques (área de serviço), nos jardins e garagens. As

torneiras proporcionam as mais diversas utilizações da água, desde a ingestão humana até a lavagem de pisos. O consumo de água na torneira é proporcional à sua vazão de escoamento e ao tempo de utilização pelo usuário. O potencial de redução do consumo de água nas torneiras por meio da tecnologia é pequeno. A alternativa para economia, neste caso, é de caráter comportamental.

- **Mictórios:** Os mictórios podem ser **individuais**, fabricados em louça sanitária, ou **coletivos**, em chapa de aço ou alvenaria revestida com azulejos ou pintura especial. De um modo geral, os equipamentos de controle do suprimento de água para limpeza dos mictórios são: registro de pressão, instalado na tubulação de alimentação da água, para controlar a limpeza de um único ou um grupo de mictórios; válvula de descarga geral, instalada para alimentar um ou vários mictórios; válvula de descarga específica para ser usada em um único mictório e de acionamento foto elétrico; caixa de descarga de acionamento periódico e automático para um ou mais mictórios.
  - **mictórios que não usam água na lavagem:** são conectados à instalação predial de esgoto sanitário para coleta de urina. Sua utilização está em franca expansão na Europa e América do Norte, tendo grande utilização em escolas, bancos, restaurantes, etc. Neste equipamento, a urina passa por ação da gravidade através de um dispositivo dotado de selo líquido, composto por uma substância oleosa que funciona como barreira. A urina, sendo mais pesada do que o óleo, flui através de selo oleoso e escoar pelo dreno. O óleo geralmente é odorante, e quase que totalmente biodegradável. Sua limpeza se faz necessária com frequência de 5000 a 7000 visitas, de acordo com fabricantes de selo oleoso. Alguns fabricantes fornecem produtos bactericidas para aspersão diária no mictório, com o objetivo de se evitar mau cheiro.
- Duchas higiênicas: Os dispositivos economizadores para esses equipamentos são os aeradores, similares aos de torneira.
- Equipamentos economizadores
  - Torneiras economizadoras
    - Arejadores
    - Hidromecânica
    - Sensor (eletrônica convencional)
    - Sensor (eletrônica embutida)
    - Funcionamento por válvula de pé
    - Funcionamento por pedal
  - Redutores de pressão:
    - Válvula redutora de pressão
  - Bacias sanitárias economizadoras
    - Com válvulas de descarga economizadoras
      - ◆ De ciclo seletivo
      - ◆ De ciclo fixo
      - ◆ De duplo acionamento
      - ◆ Acionamento por sensor

- Com caixa acoplada
- Redutores de vazão
  - Registro regulador de vazão para lavatórios
- Mictórios convencionais
  - Dispositivos de descarga para mictórios convencionais
- Mictórios sem água

➤ **Manutenções preventiva e corretiva**

- **Manutenção preventiva:** tem por finalidade diminuir a probabilidade de ocorrência de desempenho abaixo de valores mínimos preestabelecidos. São providências que buscam prevenir e/ou evitar qualquer anormalidade no funcionamento do sistema. Na manutenção preventiva está incluída a atividade de inspeção física das partes do sistema, buscando sinais de deterioração.
- **Manutenção corretiva:** é aquela conduzida no sentido de se atingir um determinado desempenho. A forma de intervenção é recomendada em cada caso, em função do tipo de problema envolvido e dos remanejamentos necessários. Compreende também os serviços de atendimento a reparos de acidentes ocorridos inesperadamente e que prejudicam o funcionamento normal do sistema.

➤ **Manutenção do sistema hidráulico:**

A manutenção do sistema hidráulico e seus componentes deverá ser realizada periodicamente, visando à sua condição plena de desempenho. A redução de perdas em sistemas hidráulicos especiais é obtida por meio da manutenção adequada, evitando-se perdas por vazamento, mau desempenho do sistema ou por negligência do usuário.

- **1º passo: correção dos vazamentos detectados,** visto que eles são a principal causa do desperdício de água. Os vazamentos podem ocorrer pelo desgaste normal dos componentes hidráulicos em uso, principalmente porque a vida útil desses componentes é menor do que a do edifício. A correção de vazamentos é uma das ações mais eficientes na redução do consumo de água em um sistema. É de fundamental importância, por exemplo, a correção de vazamentos antes da substituição de componentes convencionais por economizadores de água, como forma de evitar resultados enganosos. Além disso, o permanente controle de desperdícios no sistema tende a deixá-lo o mais próximo de suas condições plenas de desempenho.

▪ **Testes para detecção de vazamentos:**

- **Teste do hidrômetro** – utilizado em alimentador predial
- **Teste da sucção** – utilizado em alimentador predial, quando há dificuldade de acesso ao reservatório
- **Teste do reservatório** – para a verificação de infiltração no reservatório;
- **Teste do corante** – utilizado em bacias sanitárias

- **medidas de prevenção contra vazamentos visíveis/não-visíveis:**
  - **Atualizar sempre os projetos hidráulicos** que contemplem a acessibilidade do sistema, para facilitar a realização de manutenções preventiva e corretiva, como em barriletes e reservatórios;
  - **Controlar a pressão hidráulica estática no sistema**, não ultrapassando o valor recomendado pela NBR 15097 (2004), que é de 400kpa;
  - **Monitorar o consumo de água**, através de leituras diárias no hidrômetro, sempre no mesmo horário. O aumento do consumo de água sem causa justificada é sempre um forte indício de vazamento no sistema

## REFERÊNCIAS

- Rio Resiliente – Diagnóstico e Áreas de Foco. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em <http://centrodeoperacoes.rio//>
- Rio de Janeiro (Prefeitura). O Rio do Amanhã – Visão Rio 500 e Planejamento Estratégico 2017 – 2020. Disponível em <http://visaorio500.rio/planejamento-estrategico>;
- ERLICH, D. Arquitetura escolar da rede pública do Município do Rio de Janeiro (1870-1970). Monografia de especialização em História da Arte e Arquitetura no Brasil – PUC-RJ, 2002. 130p;
- IPP, SubGT Eficiência Energética – Instituto Pereira Passos, Subgrupo de Trabalho em Eficiência Energética. Consumo Prédios da Prefeitura. Rio de Janeiro, 2008. Planilha eletrônica não publicada obtida em 10 out. 2008.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. ABNT, Rio de Janeiro, 2005. 36 pgs;
- OLIVEIRA GÓES, C. - Escolas Municipais Cariocas: potencial de sustentabilidade. Artigo publicado nos anais do XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010. 10 pgs;
- PROCEL – RTQ-C: Regulamento Técnico da Qualidade de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. PROCEL Edifica, 2009. 60 pgs;
- PROESCO – Financiamento gerado eficiência energética. ABESCO, 2007. 16 pgs;
- Stock Aggregation - Methods for Evaluating the Environmental Performance of Building Stocks. International Energy Agency / Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme / Annex 31, 2005. Disponível em <<http://www.iisbe.org/annex31/index.html>>;
- LOGA, Tobias; DIEFENBACH, Nikolaus (org): Use of Building Typologies for Energy Performance Assessment of National Buildings Stocks. Existent Experiences in European Countries and Common Approach – First Tabula Synthesis Report. Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt, Alemanha, 2010. Disponível em <[http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/report/TABULA\\_SR1.pdf](http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/report/TABULA_SR1.pdf)>.
- Common Carbon Metric: Protocol for measuring energy use and reporting greenhouse gas emissions from buildings operations – Draft for Pilot Testing. UNEP SBCI, 2010. 64 pgs. Disponível em <[http://www.unep.org/SBCI/pdfs/CCM\\_PilotTesting\\_220410.pdf](http://www.unep.org/SBCI/pdfs/CCM_PilotTesting_220410.pdf)>.
- MAHFUZ, E.C. **A produção da arquitetura vista como transformação de conhecimento.** São Paulo, set 2007. Disponível em <<http://fauufpaprojeto.blogspot.com.br/2012/05/nada-provem-do-nada-de-edson-mahfuz.html>>.
- RTQ-C: Regulamento Técnico da Qualidade de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. MME, 2010. 101 pgs;