

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO**

**JAKELINE MONARD GOMES NASCIMENTO
JÉSSICA DE AZEVEDO ESPÍNDOLA
MILTON GLEITON CARVALHO DE SOUZA**

CONFORTO AMBIENTAL EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO FUNDAMENTAL:
Projeto de Edificação Escolar com Parâmetros adequados ao Município de Macapá.

SANTANA/AP
2013

JAKELINE MONARD GOMES NASCIMENTO
JÉSSICA DE AZEVEDO ESPÍNDOLA
MILTON GLEITON CARVALHO DE SOUZA

CONFORTO AMBIENTAL EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO FUNDAMENTAL:
Projeto de Edificação Escolar com Parâmetros Adequados ao município de Macapá.

Monografia apresentado à banca examinadora da Universidade Federal do Amapá, como quesito para obtenção do título de Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Área de concentração: Eficiência Energética e Conforto Ambiental

Orientadora: Prof. Msc. Ivanize Cláudia Santos e Silva.

SANTANA/AP
2013

727 Nascimento, Jakeline Monard Gomes
N244c Conforto ambiental em instituição de ensino fundamental: projeto de edificação escolar com parâmetro adequado ao município de Macapá/ Jakeline Monard Gomes Nascimento, Jéssica de Azevedo Espíndola, Milton Gleiton Carvalho de Souza. -- Santana, 2013.
123 p.

Orientação: Prof.^a. Msc. Ivanize Cláudia Santos e Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo.

1. Arquitetura escolar. 2. Edifícios escolares. 3. Ambiente escolar. 4. Escolas – Edifícios – Macapá (Estado). 5. Conforto ambiental. 6. Arquitetura – Projetos e plantas. I. Espíndola, Jéssica de Azevedo. II. Souza, Milton Gleiton Carvalho de. III. Fundação Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

JAKELINE MONARD GOMES NASCIMENTO
JÉSSICA DE AZEVEDO ESPÍNDOLA
MILTON GLEITON CARVALHO DE SOUZA

CONFORTO AMBIENTAL EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO FUNDAMENTAL:
Projeto de Edificação Escolar com Parâmetros Adequados ao município de Macapá.

Esta monografia foi julgada adequada pela banca examinadora da Universidade Federal do Amapá, para obtenção do título de Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Área de concentração: Eficiência energética e Conforto Ambiental.

Data: ____/____/____

Prof. Msc. Ivanize Cláudia Santos e Silva (UNIFAP).
ORIENTADORA

MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

SANTANA/AP
2013

Dedicamos aos nossos pais e mães por acreditarem em nossa capacidade e força, dando-nos motivos para persistir, na busca de proporcionar-lhes orgulho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus por nos dar força, sabedoria, saúde todos os dias, fazendo com que não desistíssemos de correr atrás dos nossos sonhos.

Aos nossos familiares pela paciência e compreensão nesta etapa de nossas vidas.

Aos colegas que direta ou indiretamente colaboraram para realização desta pesquisa.

E principalmente a professora Ivanize Silva por sua colaboração e por transmitir seu conhecimento e amizade, que foram fundamentais para concretização deste trabalho.

“O esforço e a dedicação são corpo e alma para o desenvolvimento de trabalho que superam as nossas expectativas e as nossas próprias capacidades. Desenvolvendo o raciocínio, o espírito científico, e a capacidade de evoluir com trabalho em equipe e o companheirismo dos que nos auxiliam e nos ensinam.” André D. Bueno.

RESUMO

Este trabalho investiga a aplicação de estratégias bioclimáticas e parâmetros exigidos pela NBR 15.220 na Escola Estadual Maria Jacinta Rodrigues. Além disso, se propõe analisar a adequação desse ambiente escolar às necessidades dos seus usuários, o que permite considerar que os parâmetros atuais de projeto nas escolas e sua avaliação, necessitam de uma visão mais criteriosa, que na maioria das vezes apresentam falhas no que diz respeito ao conforto e conseqüentemente na qualidade de ensino. Existem problemas simples cujas soluções oferecem possibilidades de ganhos qualitativos com custo reduzidos. A metodologia utilizada se baseia no levantamento bibliográfico através da literatura específica, coleta de dados, análise dos dados coletados e cálculos prescritivos. Além disso, sugere-se uma proposta projetual adequada ao clima e aos diferentes aspectos do conforto térmico visando à melhoria no interior do ambiente escolar. Para analisar o desempenho térmico do ambiente utilizou-se o método CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Batiment*- de Paris), apresentado por Borel (1967) e Croiset (1972), baseado no regime térmico permanente; atendendo aos índices de conforto sugeridos por Givoni (1976) e os parâmetros da norma (NBR15220 - parte 3), com a análise da transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação. O resultado obtido na pesquisa possibilita o aumento de conscientização e a minimização de erros em relação aos critérios sobre o conforto nas escolas.

Palavras - Chave: Arquitetura Escolar; Estratégias bioclimáticas; Conforto Térmico.

ABSTRACT

This work investigates the application of bioclimatic strategies according to the comfort parameters required by the Brazilian Standard NBR 15.220 at the State School Maria Jacinta Rodrigues. Furthermore, it proposes to analyze the adequacy of the scholastic environment to the needs of its user, which suggests that the current parameters of the project and its evaluation in schools, require a more careful, which most often are flawed with regard to comfort and consequently the quality of teaching. There are simple issues whose solutions offer possibilities for qualitative gains with reduced costs. The methodology is based on literature review through a specific literature, data collection, data analysis, prescriptive calculations. In addition, it was suggested the development of a project proposal in compliance with the climate and to the different aspects of thermal comfort aiming at the improvement on the school environment. In order to analyze the thermal performance of the environment, CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Batiment* – Paris) method was used. This method was presented by Borel (1967) and Croiset (1972), based on the permanent thermal regime, seeking comfort levels according to Givoni (1976) and the parameters of the standard NBR15220 – Part 3, as the thermal transmittance; thermal lag factor; and solar heat are eligible for each type of external enclosure. The achieved results from survey allow increasing awareness and reducing errors in the comfort criteria at schools.

Keywords: Scholastic Architecture; Bioclimatic Strategies; Thermal Comfort.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1: Necessidade da criança frente à escola	30
Figura 2.2: Escola estadual Nanci Nina da Costa	32
Figura 2.3: Escola Estadual Augusto dos Anjos	32
Figura 2.4: Elesbão – em construção – (Santana-AP)	32
Figura 3.1: Carta bioclimática de Olgyay	41
Figura 3.2: Carta bioclimática de Givoni (1992), para países em desenvolvimento.	43
Figura 3.3: Zoneamento bioclimático brasileiro	43
Figura 3.4: Carta bioclimática adaptada	44
Figura 3.5: Zona 08	45
Figura 4.1: Localização do objeto de estudo	47
Figura 4.2: Implantação do partido	52
Figura 4.3: Partido pavimento térreo	53
Figura 4.4: Partido pavimento superior	53
Figura 4.5: Fachada principal (oeste) da edificação	54
Figura 4.6: Vista corredor (2º pavimento)	54
Figura 4.7: Situação do terreno	55
Figura 4.8: Termo-higrômetro interno/externo (ht-600)	57
Figura 4.9: Pontos de medição	58
Figura 4.10: Planta baixa da sala de aula	59
Figura 4.11: Dados da temperatura externa dos corredores (matutino)	61
Figura 4.12: Dados da temperatura externa (vespertino)	62
Figura 4.13: Dados da sala 1 (manhã)	62
Figura 4.14: Dados da sala 1 (tarde)	63
Figura 4.15: Dados da sala 2 (manhã)	63
Figura 4.16: Dados da sala 2 (vespertino)	64
Figura 4.17: Dados medianos da temperatura interna nas salas de aula	67
Figura 4.18: Dados da umidade relativa (matutino)	65
Figura 4.19: Dados da umidade (vespertino)	65
Figura 4.20: Orientação da escola analisada	67
Figura 4.21: Solstício de inverno, às 9hs	68
Figura 4.22: Solstícios de inverno, às 15hs.	68

Figura 4.23: Solstício de verão, às 9hs	68
Figura 4.24: Solstício de verão, às 15hs	68
Figura 4.25: Períodos de insolação da fachada norte	69
Figura 4.26: Períodos de insolação da fachada sul	69
Figura 4.27: Períodos de insolação da fachada leste	69
Figura 4.28: Períodos de insolação da fachada oeste	69
Figura 4.29: Insolação da cobertura	70
Figura 4.30: Ventos predominantes	71
Figura 4.31: Ventilação no ambiente	72
Figura 4.32: Propriedade térmica da alvenaria	72
Figura 4.33: Propriedade térmica da cobertura	73
Figura 4.34: Relação da umidade na telha permeável com a radiação solar	73
Figura 4.35: Ventilação do ático na edificação	77
Figura 4.36: Funcionograma da proposta	77
Figura 4.37: Fluxograma da proposta	79
Figura 4.38: Partido arquitetônico do pavimento térreo	80
Figura 4.39: Partido arquitetônico do pavimento superior	81
Figura 4.40: Setorização do pavimento térreo	81
Figura 4.41: Setorização do pavimento superior	82
Figura 4.42: Primeiros estudos volumétricos	82
Figura 4.43: Residência do entorno	82
Figura 4.44: Residência do entorno	82
Figura 4.45: Croqui da primeira concepção volumétrica em perspectiva da proposta	83
Figura 4.46: Orientação da proposta	84
Figura 4.47: Período de insolação nas Fachadas	84
Figura 4.48: Insolação da cobertura	85
Figura 4.49: Ventilação Passiva	86
Figura 4.50: Ventilação no teto	86
Figura 4.51: Vedação Vertical adotada	87
Figura 4.52: Fachada Ventilada	87
Figura 4.53: Propriedade térmica da cobertura	88

Figura 4.54: Esquema da ventilação utilizada	89
Figura 4.55: Insolação na fachada norte	90
Figura 4.57: Sombreamento na fachada norte	90
Figura 4.58: Sombreamento na fachada sul	90
Figura 4.59: Dimensionamento dos <i>brises</i>	91
Figura 4.60: Dimensionamento dos <i>brises</i>	92
Figura 4.61: <i>Brisés fachada norte</i>	92
Figura 4.62: <i>Brisés fachada norte</i>	92
Figura 4.63: Cenário escolhido – sala de aula	93
Figura 4.65: Croqui do partido arquitetônico da proposta	97
Figura 4.66: Planta baixa - térreo	98
Figura 4.67 Planta baixa – pavimento superior	99
Figura 4.68: Vistas das fachadas	100
Figura 4.69: Cortes	101
Figura 4.70: Cortes	102
Figura 4.71: Fachada principal	103
Figura 4.72: Fachada principal 1	103
Figura 4.73: Fachada sul	103
Figura 4.74: Refeitório	104
Figura 4.75: Área aberta	104
Figura 4.76: Área coberta - térreo	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 – Setorização urbana	48
Quadro 4.2 – Setor no qual se localiza o objeto de estudo	48
Quadro 4.3 – Uso e atividades	49
Quadro 4.4 – Intensidade de ocupação para setor (lazer 1)	49
Quadro 4.5 – Das vagas de garagem e estacionamentos para edificação escolar	50
Quadro 4.6 – Programa de necessidade da escola analisada	50
Quadro 4.7 – Programa de necessidade e pré-dimensionamento da proposta	75
Quadro 4.8 – Diretrizes para a obtenção de classificação NÍVEL A para edifícios comerciais, de serviço e públicos, conforme portaria INMETRO n° 372 / 2010 e Portaria Complementar 17/2012	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1-	Estrutura do sistema educacional após a lei nº 9.394/96	28
Tabela 3.1-	Nível de critério de avaliação nca para ambientes externos, em db(a)	35
Tabela 3.2-	Valores db(a) e nc	36
Tabela 3.3-	Níveis de iluminação para ambientes escolares	37
Tabela 3.4-	Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 08	45
Tabela 3.5-	Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 08	45
Tabela 3.6-	Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 8	
Tabela 3.7-	Aberturas para ventilação	46
Tabela 3.8 -	Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa	46
Tabela 4.1-	Temperatura externa nos corredores	59
Tabela 4.2-	Temperatura interna na sala de aula matutina	60
Tabela 4.3-	Temperatura interna na sala de aula vespertina	60
Tabela 4.4-	Umidade relativa do ar nos corredores	61
Tabela 4.5-	Áreas das aberturas da escola analisada	71
Tabela 4.6-	Áreas das aberturas da proposta	89
Tabela 4.7-	Dados climáticos utilizados	93
Tabela 4.8-	Características dos Materiais Utilizados da proposta	94
Tabela 4.9-	Dados de Radiação Solar Incidente (I _g) sobre Planos Verticais e Horizontais (W/m ²). Latitude: 0°. Fachada Norte e Oeste da proposta	94
Tabela 4.10-	Somatória dos ganhos e perdas de calor Dados climáticos	95
Tabela 4.11-	Avaliação dos ganhos e perdas de cargas térmicas e da inércia	95
Tabela 4.12-	Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
APO Avaliação Pós-Ocupação
ASHA *American Speech and Hearing Association*
CSTB Centre Scientifique et Technique du Batiment- de Paris.
IDEB Índices de Desenvolvimento da Educação Básica
INEP Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Anísio Teixeira
ISO International Organization for Standardization
LABAUT Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética
LDB Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
NBR Norma Brasileira
NCA Nível de Critério de Avaliação
NR Normas Regulamentadoras
PDE Programa de Desenvolvimento Educacional
PMM Prefeitura do Município de Macapá
SEDUH Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação.
SEINF Secretária de Infraestrutura do Estado do Amapá
STN Santana
TR Tempo de Reverberação

LISTA DE SIMBOLOS – NOMENCLATURA E UNIDADES

A	Área do material	(m ²)
A	Amplitude de temperatura	(°C)
Ae	Área de abertura de entrada de ar	(m ²)
As	Área de abertura de saída de ar	(m ²)
Ao	Área equivalente das aberturas (para ventilação)	(m ²)
Aop	Área do material opaco	(m ²)
Atr	Área do material Transparente	(m ²)
c	Calor específico	(Wh/kg°C)
ca	Coeficiente de perda de carga por ação dos ventos	
ce	Coeficiente de pressão de abertura de entrada de ar	
cs	Coeficiente de pressão de abertura de saída de ar	
d	Densidade	(kg/m ³)
e	Espessura	(m)
E	Elongação	(°C)
he	Coeficiente de condutância térmica superficial externa	(W/m ² °C)
hi	Coeficiente de condutância térmica superficial interna	(W/m ² °C)
Ig	Intensidade da radiação solar global	(W/m ²)
K	Coeficiente global de transmissão térmica	(W/m ² °C)
m	Coeficiente de amortecimento	
N	Freqüência horária da ventilação	(1/hora)
Q	Carga térmica	(W)
Qe	Carga térmica produzida por pessoas	(W)
Qmáq	Carga térmica transmitida por Máquinas	(m ²)
Qop	Carga térmica transmitida por material opaco	(W)
Qoc	Carga térmica produzida pela ocupação	(W)
Qtr	Carga térmica transmitida por material transparente	(W)
Q'vent	Carga térmica transmitida pela ventilação	(W)
Str	Fator de ganho solar de material transparente	(°C)
ti	Temperatura do ar interno	(°C)
timax	Temperatura interna máxima	(°C)
te	Temperatura do ar externo	(°C)
v	Velocidade do vento externo resultante na abertura	(m/s)
vo	Velocidade do vento externo	(m/s)
V	Volume	m ³
α	Coeficiente de absorção da radiação solar	
Δt	Diferença entre a temperatura do ar interno e externo	(°C)
λ	Coeficiente de condutibilidade térmica	(W/m°C)
UR	Umidade relativa do ar	(%)
h	altura	(m)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	18
1.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	18
1.2 - JUSTIFICATIVA	21
1.3 - PROBLEMA	22
1.4 - HIPÓTESE	22
1.5 - OBJETIVOS	22
1.5.1 - GERAL	22
1.5.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.6 - METODOLOGIA	23
1.7 - ESTRUTURA DA MONOGRAFIA	24
CAPÍTULO 2 - O SISTEMA EDUCACIONAL E ARQUITETURA ESCOLAR	25
2.1 - ESTRUTURA DO SISTEMA EDUCACIONAL NO BRASIL	27
2.1.1 - CARACTERÍSTICAS	27
2.2 - ARQUITETURA ESCOLAR	28
2.2.1 - ANÁLISE DOS PADRÕES ARQUITETÔNICOS EXISTENTES	31
CAPÍTULO 3 - PARÂMETROS DE CONFORTO AMBIENTAL ADEQUADOS AO AMBIENTE ESCOLAR	34
3.1.1 - CONFORTO ACÚSTICO EM SALAS DE AULA	35
3.1.2 - CONFORTO LUMINOSO EM AMBIENTE ESCOLAR	36
3.1.3 - CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE ESCOLAR	39
3.1.4 - ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	40
3.2 - NORMA BRASILEIRA 15220 - DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES PARTE 3: ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO E DIRETRIZES CONSTRUTIVAS PARA HABITAÇÕES UNIFAMILIARES DE INTERESSE SOCIAL	43
3.2.1 - DIRETRIZES PARA A ZONA BIOCLIMÁTICA 08	44
CAPÍTULO 4 - PROJETO DE EDIFICAÇÃO ESCOLAR COM PARÂMETROS ADEQUADOS AO MUNICÍPIO DE MACAPÁ	47
4.1- CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA ANALISADA	47
4.1.1 CONDICIONANTES LEGAIS	48
4.1.1.1 – DA SETORIZAÇÃO	48
4.1.1.2 – DO PERÍMETRO URBANO	48
4.1.1.3 – USOS E ATIVIDADES	49
4.1.1.4 – INTENSIDADE DE OCUPAÇÃO	49
4.1.1.5 – VAGAS DE GARAGEM E ESTACIONAMENTO	50
4.1.2 – PROGRAMA DE NECESSIDADE DA ESCOLA ESTADUAL PROFESSORA JACINTA MARIA RODRIGUES DE CARVALHO GONÇALVES	50
4.1.3 – IMPLANTAÇÃO DA ESCOLA ANALISADA	52
4.1.4 - ENTORNO	54
4.1.5 - METODOLOGIA	54
4.1.5.1 – EQUIPAMENTO UTILIZADO	56
4.1.5.2- PERÍODO DE MEDIÇÃO	57
4.1.6 – SISTEMA CONSTRUTIVO DA ESCOLA ANALISADA	65
4.1.7 – ANÁLISE DA ESCOLA DE ACORDO COM A NORMA BRASILEIRA 15.220 E MÉTODO DE GIVONI	67
4.1.7.1 - ORIENTAÇÃO E INSOLAÇÃO	67

4.1.7.2 – VENTILAÇÃO	70
4.1.7.3 – MATERIAIS CONSTRUTIVOS	71
4.2 – APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA	74
4.2.1 – ESTUDOS PRELIMINARES	74
4.2.2 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO	75
4.2.3 – FUNCIONOGRAMA E FLUXOGRAMA	76
4.2.4 – ESCOLHA DO PARTIDO	78
4.2.5 – SETORIZAÇÃO	80
4.2.6 – VOLUMETRIA	82
4.3 – ANÁLISE DA PROPOSTA PROJETUAL DA ESCOLA DE ACORDO COM A NORMA NRASILEIRA 15.220 E MÉTODO DE GIVONI	83
4.3.1 – ORIENTAÇÃO E INSOLAÇÃO	83
4.3.2 – VENTILAÇÃO	85
4.3.3 – MATERIAIS E TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS ADOTADAS	86
4.3.4 – ANÁLISE DE CONFORTO	93
4.4 – APRESENTAÇÃO PROJETUAL	97
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES	105
REFERÊNCIAS	107
APÊNDICES	109
ANEXO	123

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A qualidade do ensino público no Brasil apresenta elevados números insatisfatórios quanto ao seu desempenho. Dados do IDEB (Índices de Desenvolvimento da Educação Básica) demonstram números preocupantes quanto aos desempenhos dos alunos das séries iniciais e finais do ensino fundamental das instituições públicas. Essas condições têm causado inúmeras discussões sobre a melhoria do ensino, dada a importância da educação como objeto de alcance, que tanto se deseja, nos índices de desenvolvimento socioeconômico alcançado pelos países que são considerados desenvolvidos.

Muitos autores como Kowaltowski e Pereira (2012) asseguram que essa má qualidade no ensino público está ligada também ao espaço físico, que em muitos casos não oferecem condições ideais para o pleno desenvolvimento físico intelectual dos alunos e a qualidade de trabalho do corpo docente. Nesse sentido é necessário que os ambientes voltados para o ensino propiciem conforto, com intuito de que atividades praticadas não sejam prejudicadas. É papel do arquiteto proporcionar essa boa relação entre os espaços escolares e as pessoas que estão envolvidos nesses ambientes.

É necessário abordar inicialmente sobre o conceito de conforto na arquitetura e sobre como o conforto ambiental pode contribuir na qualidade do ensino-aprendizagem dos alunos. Alguns autores consideram o conforto como sendo o bem estar do homem, e estar intimamente ligado com as sensações físicas, ou simplesmente com os sentidos. O conforto na arquitetura se divide essencialmente em: térmico, acústico e luminoso.

O conforto térmico, segundo Marinoski (2007) define como sendo o estado mental do homem em relação à satisfação térmica que o ambiente ao seu redor proporciona. E a não satisfação pode ser ocasionada pela sensação de desconforto causada pelo ganho ou perda de calor do homem para o ambiente. Quanto ao conforto acústico ou sonoro são os graus de ruído e o tempo de reverberação que determinam a sensação de conforto ou desconforto, pois o ser humano é sensível a altos graus de ruído e pressões sonoras. Segundo Marincic & Ochoa (2003), O

conforto luminoso é um fator de grande relevância para desempenho e saúde dos usuários, e de grande significância nos edifícios escolares, haja vista sua contribuição para o rendimento do ensino. Por essas considerações, se entende o quanto é importante à inserção do conforto nas edificações educativas.

Quanto a conforto ambiental, podemos dizer que a insatisfação desse está associado com erros na execução de projetos ou mesmo a displicência do projetista no ato da concepção do projeto. Como exemplo dessa desconsideração, podemos citar os atuais projetos “protótipo” de edifícios escolares da rede pública de ensino estadual que se encontra dentro do perímetro urbano do município de Macapá, em que não houve uma preocupação com a orientação da edificação e com a ventilação, conseqüentemente uma maior incidência de calor em seu interior, o que provoca aos usuários do prédio desconforto térmico.

A Arquitetura deve servir ao homem e ao seu conforto, o que abrange o seu conforto térmico. O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico. A Arquitetura como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas. (FROTA, pag.15, 2001)

O estudo do conforto nas edificações escolares proposta por essa pesquisa visa proporcionar a melhoria da qualidade ambiental das edificações escolares, com o intuito de garantir uma melhor condição do ensino público no município de Macapá e utilizar técnicas construtivas inovadoras buscando propiciar a eficiência energética o que pode contribuir para a construção de uma sociedade consciente e sustentável. Por esses motivos acredita-se que o conforto ambiental é um tema importante a ser abordado em um trabalho de conclusão de curso.

As novas diretrizes mundiais quanto ao uso de fontes de energia apontam para uma preocupação com o melhor aproveitamento de fontes renováveis. Essa inquietação, em escala global, justifica-se dado aos inúmeros problemas de caráter ambiental que a utilização das fontes de energia atuais tem causado. Um exemplo disso está no emprego de fontes de energia de origem fóssil (carvão mineral e combustível derivados do petróleo), que são largamente utilizadas na produção de energia elétrica, em países como os Estados Unidos e boa parte dos países europeus.

Sabe-se que a problemática envolvendo o uso indiscriminado de combustíveis fósseis está na emissão de gases causadores do efeito estufa, um fenômeno natural, porém nos últimos anos, tem se intensificado e acarretando um desequilíbrio térmico global (SILVA, 2008).

Dado ao exposto e a preocupação quanto ao uso sustentável das fontes de energia nas edificações, entende-se que a boa concepção de um projeto arquitetônico, que aproveite as condições naturais do meio, pode gerar uma economia e um ganho positivo na melhoria da qualidade de vida da população mundial.

No caso do Município de Macapá, alvo deste trabalho, é notória a presença de construções escolares que desconsideram técnicas e matérias que propiciem melhor conforto ambiental, em especial os relacionados ao conforto térmico. Diante do clima peculiar desse município, e do grau de insatisfação térmica no interior de muitas dessas edificações, percebe-se o quanto é necessário levar em consideração as características locais no momento da concepção de um projeto.

A abordagem deste trabalho inicialmente se deu sobre dois aspectos. Primeiro havia o entendimento de que há uma necessidade mundial em fazer uso sustentável de fontes de energia nas edificações, e conseqüentemente o melhor aproveitamento das fontes de energias naturais. O segundo aspecto considerado está intrínseco com a melhoria da qualidade ambiental nas edificações especificamente as das instituições de ensino, haja vista, a percepção da falta de conforto ambiental em muitas delas, o que certamente contribui com o déficit no ensino-aprendizagem.

Sob esses aspectos está pautada esta pesquisa, a qual tem como escopo a elaboração de um projeto arquitetônico, voltadas para edificações escolares, que indiquem níveis de conforto ambiental, especificamente o conforto térmico, adequados para o clima local, e com isso pretende-se que esse projeto sirva de exemplo de boas práticas para novas construções de edificações escolares pretendidas para o município de Macapá.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Ensino público no Brasil é frequentemente questionado, devido ao Índice de desenvolvimento da educação básica (IDEB), que aponta a qualidade da educação dos estados. Na Cidade de Macapá esses questionamentos são geralmente negativos, demonstrou que a qualidade do ensino das instituições de ensino público do município de Macapá, ano de 2011, não alcançaram as metas projetadas.

O IDEB é uma ferramenta que auxilia em atingir as metas de qualidade da educação do Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE) para educação básica. O PDE estabelece como objetivo, que em 2022 o IDEB do Brasil seja 6,0 – média que corresponde a um sistema educacional de qualidade comparável a dos países desenvolvidos. (INEP, 2009).

Contudo, não devemos desconsiderar que as péssimas condições de ensino, estão também, muitas vezes, atreladas com a depreciação dos ambientes, ou com a falta de conforto, que muitas edificações de ensino apresentam. Por conta dessa estimativa, um conjunto de fatores se devem levar em consideração, tal como, espaço físico da escola, condições de conforto (temperatura, ruídos, iluminação, densidade excessiva dentro do ambiente), elementos que podem intervir negativamente no desempenho escolar dos alunos, podendo causar problemas de saúde. (KOWALTOWSKI et al, 1997)

Desta maneira, os resultados baixos dos índices do IDEB podem sofrer influências indiretas da qualidade do espaço físico das edificações escolares. Não há dúvidas que as condições negativas do ensino em Macapá estejam relacionadas com a falta ou mau uso dos recursos públicos, com projetos que não atendam aos parâmetros recomendados pela NBR 15.220.

Em muitas das edificações escolares presentes na cidade de Macapá se percebe as problemáticas relacionados ao conforto ambiental. Diante desse cenário, é imperativo aprofundar os estudos referentes ao conforto térmico nas edificações de ensino.

1.3 PROBLEMA

A não utilização de parâmetros na elaboração de projetos de edificações escolares que sirvam para o bom desempenho no que tange ao conforto ambiental no município de Macapá.

Em virtude do exposto surgiram as seguintes indagações: As edificações escolares no município de Macapá foram projetadas considerando o clima local? Como o conforto ambiental das edificações escolares pode influenciar no ensino e aprendizagem de alunos do município de Macapá? Como elaborar um projeto de edificação escolar no município de Macapá que atenda as boas condições de conforto ambiental?

1.4 HIPÓTESE

O ambiente escolar é um espaço que deve valorizar o saber, e para tanto é imprescindível que o espaço seja adequado ao clima de nossa região e que propicie o bom desenvolvimento do ensino. Nesse sentido acredita-se que o conforto ambiental nas edificações escolares é indispensável para a melhoria do ensino. Com que parâmetros é possível construir uma edificação educacional que seja adequada ao clima da cidade de Macapá?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 GERAL:

O objetivo desta pesquisa é analisar os aspectos de conforto ambiental existentes em uma escola de nível fundamental no município de Macapá/AP e, posteriormente elaborar uma proposta arquitetônica capaz de promover conforto ambiental térmico, contribuindo para o bem-estar dos estudantes e dos funcionários.

1.5.2 ESPECÍFICOS:

- Analisar as condições de conforto térmico no interior do objeto de estudo;
- Definir programa de necessidades para a proposta de projeto;
- Estudar as diretrizes do conforto ambiental térmico para aplicação em uma proposta de edificação escolar;

- Elaborar projeto de edificação escolar que apresente conforto térmico, funcionalidade, além de possibilitar aos estudantes e funcionários um ambiente saudável, proporcionando qualidade do ensino e aprendizagem;
- Contribuir para a divulgação de técnicas e critérios de projetos que estejam preocupados com o conforto ambiental;
- Contribuir para a adequação das futuras elaborações de projetos de edifícios escolares que respeitem as peculiaridades regionais, no âmbito do conforto ambiental.

1.6 METODOLOGIA

A metodologia a ser adotada baseia-se nas classificações segundo Gil (2010). E essa classificação define as estratégias de uma pesquisa de acordo com os seguintes pontos de vista: da natureza e da forma de abordagem do problema, dos objetivos e dos procedimentos técnicos.

- **Quanto sua natureza:** trata-se de uma **pesquisa aplicada** em que seu objetivo é gerar conhecimentos para as aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos.
- Com relação **a forma de abordagem do problema:** trata-se de uma **pesquisa quantitativa** que considera que tudo é quantificável, e possível de traduzir em números e em informações as quais serão classificadas e analisadas.
- Quanto aos **objetivos:** trata-se de uma **pesquisa exploratória** porque proporcionar maior familiaridade com um problema; envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos; assume em geral a forma de pesquisas bibliográficas e estudos de caso. Também quanto aos objetivos essa **pesquisa é descritiva**, haja vista que seus objetivos é descrever as características de certa população ou fenômeno, ou estabelecer relações entre variáveis; envolvem técnicas de coleta de dados padronizadas (observação); assume em geral a forma de levantamento.
- **Quanto aos procedimentos técnicos:** é uma **pesquisa bibliográfica**, pois será elaborada a partir de matéria já publicados, com livros, artigos, periódicos, internet, etc.; **experimental**, porque se determina a um objeto de estudo, selecionando variáveis que o influenciam, definindo as formas de controle e de

observação dos efeitos que as variáveis produzem no objeto e um **estudo de caso**, visto que envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o amplo e detalhado conhecimento.

A metodologia será apresentada no capítulo 4º que tratará dos resultados desta pesquisa.

1.7 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Este documento encontra-se dividido em 5 (cinco) capítulos, que são sucintamente descritos a seguir:

Capítulo 1 - Esta Introdução com uma breve apresentação do tema, suas considerações iniciais, revisão bibliográfica, justificativa, problema, hipótese, seus objetivos e metodologia.

Capítulo 2 – O sistema educacional e arquitetura escolar.

Capítulo 3 – Parâmetros de conforto ambiental adequados ao ambiente escolar.

Capítulo 4 – Projeto de Edificação Escolar com Parâmetros adequados ao Município de Macapá. Apresentação da proposta projetual, através de uma arquitetura sustentável com enfoque no conforto ambiental térmico, de um edifício escolar para o município de Macapá.

Capítulo 5 – Conclusões.

CAPÍTULO 2 - O SISTEMA EDUCACIONAL E ARQUITETURA ESCOLAR

A História da Educação no Brasil advém de uma sucessão de avanços e obstáculos. A princípio a educação era promovida pelos jesuítas, mais era privilegio de alguns de serem alfabetizados, mas com a expulsão da Companhia de Jesus do Brasil na época, o processo escolar ficou entorpecido (PAIVA, 2000). Foi após a Primeira Guerra Mundial, com o surgimento da industrialização, e a chegada de imigrantes, que passou a haver uma preocupação maior no que diz respeito à Educação.

O processo de escolaridade básica no Brasil começou de fato em meados do século XX, e sua evolução se deu no fim dos anos 70 e início dos anos 80, quando começou a ter movimentos populares no Brasil, como as mobilizações sindicais que se concretizaram as primeiras experiências de popularização da escola. Que logo mais esse processo de educação popular foi abolido com a instalação do Regime Militar, a partir de 1964. No decorrer do período militar nasceu a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB 5.692/71 que, por tantos anos norteou o ensino de primeiro e segundo graus, no país.

Para Neri de Paula (2008) a LDB pode ser vista, ao mesmo tempo, uma melhoria ou tropeço para o processo escolar. Melhoria no sentido de que normatizou o sistema escolar nacional, que até o momento não estava completamente organizada. E um tropeço porque a escola nacional se tornou dependente dos interesses norte-americanos, em razão dos acordos MEC-Usaid. A partir de meados da década de 1980, com o procedimento de abertura e redemocratização o sistema escolar se reorganizou, e em 1996 foi publicada uma nova LDB, a qual conduz o sistema escolar brasileiro na atualidade.

No que diz respeito à Educação no Brasil, o grande avanço do sistema escolar brasileiro e da legislação educacional foi à obrigatoriedade da gratuidade do ensino fundamental e médio a ser oferecido pelos estados e municípios. O compromisso com a escolarização passou a ser não só uma obrigação dos pais, por ser direito da criança e do adolescente, também como responsabilidade e dever do Estado. Essa obrigatoriedade do Estado se mostra como oferta de condições de escolarização, de acesso à escola e de permanência nela. No entanto isso ainda

não se tornou uma realidade para todos os estudantes, pois nem todos têm condições de acesso à escola e nem todos os que têm acesso permanecem nela.

“As escolas nas áreas centrais, ate por serem geralmente construídas na época que só a elites tinham acesso à educação, eram providas de espaço de leitura e para a recreação. À medida que as camadas populares, em massa, conquistaram o direito à educação, os espaços escolares passaram por um processo de emagrecimento. Desaparecem os laboratórios, a biblioteca, o antigo salão ou auditório e o próprio galpão destinado ao recreio passou a ser dimensionado para o sistema de rodizio. (LIMA,1989, p. 37)

Contudo, o Sistema Educacional no Brasil vem sendo constantemente questionada, isso se decorre das avaliações de desempenho aplicada aos alunos das escolas de Ensino publico. As avaliações Pós-ocupação (APOs) que foram realizadas nos edifícios escolares indica que há sucessão de problemas referente ao conforto ambiental, portanto, os parâmetros de projetos atuais precisam de uma revisão mais criteriosa. As APOs mostram a necessidade de melhoria à qualidade dos ambientes escolares, pela insatisfação dos usuários (estudantes, professores e funcionários) com os padrões de conforto (Graça; Kowaltowski; Petreche, 2004; Ornstrein, 2005).

O Ultimo censo escolar que é feito pelo INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) apontou até o momento, um número de 422 escolas publicas, rural e urbano, em todo o Estado do Amapá. Destas escolas 53 são de Ensino Fundamental (anos finais) pertencente ao Município de Macapá.

A Educação no nosso país é de suma importância para a ascensão social, e vem adquirindo seu espaço durante alguns anos, diz:

Art. 205 - A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. (CF/1988).

A Escola é uma instituição de ensino, como tal, possui padrões e normas estabelecidos por aqueles que controlam o Sistema Educacional. Isso é resultado de um vasto processo histórico de uma sociedade, juntamente com o seu desenvolvimento socioeconômico, cultural e político. No mais, é vista como transmissão de valores, aumento do saber pela humanidade.

A Escola e a sua estrutura podem ser considerada um sistema. Para José Augusto Dias, “o sistema escolar é um sistema aberto, que objetiva proporcionar educação para todos”.

2.1 ESTRUTURA DO SISTEMA EDUCACIONAL NO BRASIL

A atual estrutura do funcionamento do sistema escolar brasileiro é resultado da aprovação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei n.º 9.394/96), uma vez que, é associada às diretrizes gerais da Constituição Federal de 1988. Foi um processo bastante árduo, passando por vários empecilhos até ser promulgação. Essa conquista resultou melhorias significativas no sistema educacional para todo o povo brasileiro, no que diz respeito à Educação.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS

Conforme o art. 21 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei n.º 9.394/96), a Educação divide-se em:

- I. Educação Básica:
 - ✓ Educação Infantil
 - ✓ Ensino Fundamental
 - ✓ Ensino Médio
- II. Educação Superior

A Educação básica é o nível de ensino que corresponde aos primeiros anos de educação escolar. De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), “tem por finalidade desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”.

A primeira etapa da Educação básica, a Educação infantil, o art. 29 da LDB afirma que “*tem como finalidade o seu desenvolvimento físico, psicológico, intelectual e social*”, é ofertada em creches, para crianças de zero a três anos de idade, e pré-escolas, para crianças de quatro a seis anos.

Segundo Romualdo (2007) o Ensino fundamental é uma etapa da educação básica destinada a crianças e adolescentes com duração mínima de nove anos, obrigatório e gratuito a partir dos seis anos de idade, de acordo a Lei nº 11.114/05 e conforme o art. 32 da LDB afirma que, o Ensino Fundamental terá como objetivo

a formação básica do cidadão mediante inciso III: “o desenvolvimento da capacidade de aprendizagem, tendo em vista a aquisição de conhecimentos e habilidades e a formação de atitudes e valores.”

Todas as alterações que ocorreram na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei n.º 9.394/96), nos artigos 29, 30, 32 e 87 da Lei foram de grande importância para a melhoria da qualidade desta etapa do Ensino mesmo, porém não o suficiente.

O Ensino médio é a etapa final da educação básica, tem a função de aprimorar os conhecimentos obtidos anteriormente a esta etapa. Determinou-se que a duração mínima para finalizar o Ensino médio é de 3 anos.

O ensino superior compreende os estudos de graduação, isso se deve bem como estudos e formação de natureza vocacional. É ofertado em estabelecimentos genericamente conhecido como “instituições de ensino superior”.

Tabela 2.1 - Estrutura do Sistema Educacional após a Lei nº 9.394/96

Níveis e subdivisões			Duração	Faixa etária
Educação básica	Educação infantil	Creche	4 anos	De 0 a 3 anos
		P r é - e s c o l a r	3 anos	De 4 a 6 anos
	Ensino fundamental (obrigatório)		9 anos	De 7 a 14 anos
	Ensino médio		3 anos	De 15 a 17 anos
Educação superior	Cursos por área		Variável	Acima de 17 anos

Fonte: OEI – MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DE BRASIL.

2.2 ARQUITETURA ESCOLAR

“Entre arquitetura e cultura não há relação entre termos distintos: o problema diz respeito apenas à função e ao funcionamento da arquitetura dentro do sistema. Por definição, é arquitetura tudo o que concerne à construção, e é com as técnicas da construção que se intui e se organiza

em seu ser e em seu devir a entidade social e política que é a cidade. Não só a arquitetura lhe dá corpo e estrutura, mas também a torna significativa com o simbolismo implícito em suas formas. Assim como a pintura é figurativa, a arquitetura é por excelência representativa. Na cidade, todos os edifícios, sem exclusão de nenhum, são representativos e, com frequência representam as más formações, as contradições, as vergonhas da comunidade. (ARGAN,1998, p. 243)

A arquitetura apresenta um papel crucial no âmbito educacional. Apesar de este tema ser de suma importância para a sociedade, pouca atenção vem sendo dada a construções. Depois de anos de controvérsias a respeito sobre as teorias e métodos de Ensino, um novo tema vem obtendo destaque dentro do campo escolar: o bem-estar do aluno e a sua relação com este ambiente.

Contudo fez surgir o que chamamos hoje de Arquitetura Escolar, onde se verifica a importância da estrutura onde se dá o Ensino, o papel do ambiente físico e outros fatores que influenciam no desempenho de quem frequenta este ambiente.

“A arquitetura escolar pública nasce imbuída do papel de propagar a ação de governos pela educação democrática. Como prédio público, devia divulgar a imagem de estabilidade e nobreza das administrações (...). Um dos atributos que resultam desta busca é a monumentalidade, consequência de uma excessiva preocupação em serem as escolas públicas, edifícios muito evidentes, facilmente percebidos e identificados como espaços da esfera governamental”. (WOLFF, 1992, p. 48)

De acordo com os processos históricos, a arquitetura escolar é o resultado das relações sociais que foi desenvolvido em cada realidade histórica, e sua evolução está diretamente relacionado ao crescimento da humanidade.

E é neste campo da arquitetura que este trabalho se propõe analisar, até que ponto a insatisfação do ambiente no que diz respeito ao Conforto, pode interferir no desempenho do aluno e muitas vezes na prática pedagógica.

Para Melatti (2004) o arquiteto, por meio de sua competência sobre a concepção de espaço, sobre a influência dos materiais, da natureza, das cores nas pessoas, o mesmo poderá se relacionar com os demais profissionais envolvidos de aprendizagem para se criar um ambiente escolar agradável e estimulante tanto para alunos quanto a professores. Por isso a arquitetura tem um papel fundamental nesse ramo. Assim:

“o prédio escolar deve ser adequado às exigências funcionais e operacionais, bem como às características socioculturais da comunidade e as bio-psíquicas dos seus usuários, assegurando ao mesmo tempo, níveis

ótimos de higiene e conforto ambiental, que possibilitem o desenvolvimento pleno das atividades pedagógicas”. (SÃO PAULO, 1977, v.7)

Para Augustin Escolano (1998), o espaço escolar não é uma dimensão neutra do ensino, tampouco um simples esquema formal ou uma estrutura vazia da educação. Na sua concepção, o ambiente escolar constitui em um espaço para a satisfação das necessidades emocionais, físicas e intelectuais da criança, por conseguinte, a edificação escolar (Figura 2.1).

Figura 2.1: Necessidade da criança frente à escola



Fonte: SILVA, 2010. In: CAUDILL, 1954.

A discussão no que diz respeito ao ambiente escolar, não se limita a um único aspecto, e sim em vários (arquitetônico, pedagógico ou social), fazendo uma abordagem multidisciplinar (aluno, professor, conhecimento, teorias pedagógicas, organização, equipamentos e etc).

As instalações físicas de um ambiente escolar são compostas pelo espaço educativo, pelo mobiliário e os equipamentos escolares. Châtelet (1999) ao analisar as instalações físicas do ambiente escolar verificou que a dimensão espacial e as posições da mobília influenciam no desempenho.

Declara Sanoff (2001), *“O espaço físico (...) tem o poder de organizar e promover relações entre pessoas de diversas idades, promover mudanças, escolhas e atividade e (...) potencial de despertar diferentes tipos de aprendizado social, cognitivo e afetivo”*.

Schneider (2002) e Higgins (2005) afirma que o desempenho acadêmico decorre-se de vários elementos que engloba desde a questão socioeconômica do educando até as questões de infraestrutura do edifício escolar como: as condições internas, qualidade do ar, temperatura, umidade, ventilação, iluminação e acústica do ambiente. Pesquisas constataam que em ambiente escolar os ruídos externos causam dificuldades no aprendizado, visto que dificulta a comunicação entre professor-aluno.

Conforme Kowaltowski (2001) diz que edifício escolar é um instrumento de grande importância no cenário cultural, social e econômico de uma sociedade. E quando se fala em países em desenvolvimento, essa importância se intensifica por haver grandes desigualdades econômicas e sociais.

Arquitetura Escolar ainda está recheada de muitas suposições teóricas sem comprovação, embora não haja dúvidas quanto à influência das estruturas espaciais sobre o comportamento humano.

2.2.1 ANÁLISE DOS PADRÕES ARQUITETÔNICOS EXISTENTES

A padronização de projetos escolares ocorre desde o século passado. Azevedo (2007) relata que entre o século IXI e a década de 20, a adoção de projetos padrões para edificações escolares, mais também para vários prédios públicos que adotavam o mesmo partido arquitetônico, como fóruns e presídios.

Segundo Bencostta (2001), com crescimento das escolas, na rede pública principalmente, as edificações educacionais sofreram uma racionalização de custos,

transformando-a em um espaço simples, o que desvincula com a proposta pedagógica.

No que diz respeito à padronização desses projetos, muitas vezes, não se leva em conta situações locais específicas, resultando em espaços escolares desfavoráveis. A adoção desses protótipos para os edifícios escolares tem sido uma das causas de problemas de conforto ambiental. (KOWALTOWSKI, 2001).

Para Azevedo (2007) a utilização desses projetos padronizados constata, muitas vezes, a incoerência na implantação dessas edificações escolares, o que pode prejudicar, por consequência, o desempenho do aluno e o próprio processo educacional na instituição.

É importante ressaltar que atualmente no Brasil, nota-se a adoção de “protótipo” para as escolas em alguns estados, principalmente das redes públicas, que não propicia os ajustes de implantação da edificação ao terreno que será locado. No entanto a orientação solar, a implantação e as características bioclimáticas do local dessas edificações não são levadas em consideração. Propiciando em um projeto não satisfatório aos usuários por não atender as exigências mínimas de conforto que ao contrario, é de fornecer um ambiente favorável para os usuários.

É importante mencionar que no município de Macapá possui mais edifícios escolares com esse mesmo projeto, como por exemplo: (Figura 2.2) Escola Estadual Nanci Nina da Costa; (Figura 2.3) Escola Estadual Augusto dos Anjos; (Figura 2.4) Elesbão (STN) – em construção.

Figura 2.2- Escola Estadual Nanci Nina da Costa



Fonte: acervo do grupo, 2013.

Figura 2.3 - Escola Estadual Augusto dos Anjos



Fonte: acervo do grupo, 2013.

Figura 2.4- Elesbão (STN) – em construção



Fonte: acervo do grupo, 2013.

Neste contexto, os ajustes do projeto arquitetônico como: orientação solar, a implantação do edifício no terreno e tanto a escolha de materiais não serão condizentes ao clima local. O que não assegura uma arquitetura de qualidade, capaz de diminuir o consumo de energia e proporcionar condições de bem-estar ao usuário. (BERALDO, 2006)

CAPÍTULO 3 – PARÂMETROS DE CONFORTO AMBIENTAL ADEQUADOS AO AMBIENTE ESCOLAR

O conforto ambiental é um conjunto de fatores físicos que servem para causar satisfação e bem estar no usuário do ambiente, tentando maximizar pelo menos um dos três tipos de conforto, o acústico, o luminoso e o térmico.

Estudos mostram que o desempenho insatisfatório do conforto térmico altera a percepção do usuário sobre os demais itens (acústico, luminoso e ergonômico), o que confirma a importância do conforto ambiental em seus vários aspectos. (KOWALTOWSKI, 2011, p. 112 apud ARAÚJO, 1999, p.83).

Em relação ao conforto térmico, Corbella (2009, p. 32) explica que para o indivíduo sentir-se confortável fisicamente em determinado ambiente, depende da neutralidade térmica que o ambiente lhe oferece, ou seja, se o ambiente dissipa calor, seja por condução, convecção, radiação ou pela evaporação da água produzida pela transpiração, ele sentirá calor. E se do contrário houver perda excessiva de calor do corpo humano para o ambiente, a pessoa sentirá frio. E se o organismo não alcançar uma estabilidade, a pessoa começa a sentir-se mal, podendo até lhe ocorrer doenças.

Quanto ao conforto acústico deve-se levar em consideração o meio externo e interno do ambiente, em relação ao ambiente externo analisar principalmente o fluxo de automóveis e as atividades executadas no entorno, para que não haja grandes problemas na concepção do projeto, e em relação ao ambiente interno é necessário o estudo dos materiais a serem aplicados na construção. E o primordial é a geometria do espaço a ser construído e a função do ambiente, para que seja alcançado o melhor do conforto a ouvir.

Em relação ao conforto luminoso o ambiente tem que trazer satisfação ao enxergar, a fim de propiciar o bom desenvolvimento de determinadas atividades, ambientes e usuários, pois tem relação também com a idade do indivíduo. Não basta apenas atender os níveis de iluminação ditos pelas normas, é preciso também que não haja ofuscamento e nem grandes contrastes, pois esses fatores também ocasionam desconforto visual (CORBELLA, 2009, p 37).

Atender as normas para obter o conforto ambiental de uma edificação se faz necessário em virtude do bom desempenho do indivíduo, para que sua capacidade de produção, seja ela mental ou física, não se perca por dificuldades no ambiente no qual exerce sua atividade.

3.1.1 CONFORTO ACÚSTICO EM SALAS DE AULA

A acústica tem notória influência no processo de ensino e aprendizagem e deve-se avaliar de maneira adequada as condições de audibilidade de uma sala de aula. Neste ambiente se faz necessário à comunicação entre professores e alunos e é fundamental que seja entendido o que se diz, para que não haja desgaste do professor e nem traga prejuízos ao aluno (KOWALTOWSKI, 2011).

São utilizados diversos parâmetros para avaliação acústica de salas de aula, podendo ser de caráter objetivo ou subjetivo e alguns deles indicam a inteligibilidade do som da fala.

A NBR 10151 (ABNT, 2000) que trata da avaliação de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade mostra procedimentos a serem adotados na avaliação do ruído e indica o NCA (Nível de Critério de Avaliação) para ambientes externos em dB(A), conforme apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR 10151 (ABNT, 2000).

A NBR 10152 (ABNT, 1987) trata de níveis de ruído para o conforto acústico e indica níveis máximos para ambientes internos (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Valores dB(A) e NC

Locais	dB(A)	NC
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 - 45	30 - 40
Salas de aula, Laboratórios	40 - 50	35 - 45
Circulação	45 - 55	40 - 50
Notas: a) O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. b) Níveis superiores aos estabelecidos nesta Tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.		

Fonte: NBR 10152 (ABNT, 1987) adaptada pelos autores.

Alguns autores recomendam adotar afastamentos às condições acústicas necessárias, para se evitar maiores problemas quanto a ruídos externos. Também recomendam quanto ao tipo de esquadria, tamanhos de aberturas e tipo de materiais de acabamento, que amenizem de forma considerável os ruídos, para que haja melhor qualidade do som e que cause o menor esforço da fonte sonora (KOWALTOWSKI, 2011, apud Paixão; Santos, 1995; Santos; Slama, 1993; Serra; Biassoni, 1993; Ura; Bertoli, 1998).

É importante que na elaboração de projeto se faça uso desses parâmetros recomendados e que se calcule o tempo de reverberação da sala para que todos independentemente de onde se localizem no ambiente, escutem com a mesma qualidade.

O valor ideal de tempo de reverberação para escolas é de 0,4 segundos, de acordo com a recomendação de ASHA (2003) (*American Speech and Hearing Association*), e pode ser calculado pelo método de Sabine.

3.1.2 CONFORTO LUMINOSO EM AMBIENTE ESCOLAR

O Brasil por ser um país de clima tropical tem grande potencial de luminosidade, porém essa característica nem sempre foi aproveitada. Muitas edificações, inclusive escolares não tinham arquitetura que privilegiassem a iluminação natural, pois não havia a preocupação com economia energética antes da crise do petróleo na década de 1970, com esse acontecimento, passou-se a construir com o pensamento voltado à economia energética, e algumas escolas passaram a apresentar tais características (KOWALTOWSKI, 2011 apud DUDEK, 2007).

Na aprendizagem do aluno o conforto visual é de extrema importância, pois em sala de aula as atividades mais praticadas são a leitura e a escrita, sendo que estas estão diretamente ligadas à qualidade da visibilidade.

O desconforto visual não prejudica somente a aprendizagem do aluno, pode provocar danos a sua saúde como: dores de cabeça e deficiência visual. Um dos maiores causadores destes problemas é o ofuscamento, que ocorre quando o fundo é mais brilhante que o objeto. Afim de que se evite o ofuscamento Brown & Dekay (2004) indicam que a razão da luminância da área de trabalho e a do entorno imediato deva ser em torno de 3:1.

Kowaltowski (2011, apud LABAKI e BUENO, 2001) menciona que os parâmetros que devem ser observados para uma análise e avaliação de qualidade da iluminação são os seguintes:

- A utilização dos níveis estabelecidos pela NBR 5413 Iluminação de Interiores – Especificações, da NBR 5413.
- Uniformidade entre níveis de contrastes, ou seja, distribuição uniforme dos níveis mínimos de iluminância pelo ambiente, que depende da forma, das dimensões e posições das aberturas.
- Distância entre usuários e os objetos.
- Uso de cores nas superfícies.
- Elementos externos e internos de proteção da insolação direta: Evitar o ofuscamento. Em relação à luz natural, implica evitar a incidência de luz solar direta nos planos de trabalho, como lousas, carteiras e monitores de computador.

A Norma Brasileira 5413 Iluminância de Interiores – Especificações (ABNT, 1992 b), estabelece a quantidade média mínima dos valores de iluminância no plano de trabalho para diversas atividades e também para o ambiente escolar, como salas de aula, laboratórios e outros (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Níveis de Iluminação para Ambientes Escolares

Tipos de Ambiente	Níveis (Lux)
Sala de aula	200 - 300 – 500
Quadros negros	300 - 500 – 750
Salas de trabalhos manuais	200 - 300 - 500
Laboratórios (Geral)	150 - 200 - 300

Salas de desenho	300 - 500 - 750
Biblioteca	
Sala de leitura	500 – 750
Recinto das estantes	300 – 500
Fichário	300 – 500
Áreas de esporte	
Local de jogos	300 – 500
Locais recreativos	150 – 200
Quadra coberta	200 – 300
Salas administrativas	500
Auditório	
Plateia	150 - 200 - 300
Tribuna ou Palco	300 - 500 - 750

Fonte: NBR 5413 (ABNT, 1992) adaptada pelos autores.

É fundamental para uma edificação fazer uso da iluminação natural, tanto para reduzir o consumo de iluminação elétrica quanto para atender as necessidades visuais e fisiológicas do usuário com citam Cortez e Silva. M (2002).

A luz natural também desempenha outras funções importantes para o homem além dos aspectos iluminantes. Mudanças de direção e alteração da cor da fonte (o sol) e das condições atmosféricas ajustam-se à alternância dos dias e das noites no controle de determinados círculos vitais, que são completamente desorganizados se o indivíduo se submeter exclusivamente à iluminação artificial (Cortez. R; Silva. M, 2002, p 42).

Em uma edificação escolar a iluminação natural aproveitada de forma equilibrada traz benefícios principalmente aos alunos, no entanto Brown e Dekay (2004) destacam que “[...] é importante que se equilibrem os benefícios da iluminação com os prejuízos do ganho térmico”. Pois o objetivo do projeto deve ser de obter pelo menos o mínimo do índice de iluminação natural durante o máximo de tempo sem que ocorram grandes ganhos térmicos.

Para que o projeto de um edifício em região com clima quente úmido se torne adequado se faz necessário o controle da insolação, através de aberturas verticais (janelas), a utilização de “quebra sois”, e equilibrar o fator reflexão com a escolha das cores das superfícies, texturas e materiais a serem implantados na execução.

3.1.3 CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE ESCOLAR

De acordo com estudos realizados acerca da relação homem e conforto térmico, Godoi (2010) indica que o desconforto térmico é, geralmente, uma das maiores reclamações dentre os fatores que integram o conforto ambiental. Por isso é de grande interesse que se faça estudos em relação aos parâmetros a serem adotados para elaboração de um projeto escolar no qual se pretende satisfazer a aprendizagem e bom desempenho dos usuários. Assim:

Situações de desconforto térmico causadas seja por temperaturas extremas, falta de ventilação adequada, umidade excessiva combinada com as temperaturas elevadas ou por radiação térmica de superfícies muito aquecidas podem ser prejudiciais e causar sonolência, alteração nos batimentos cardíacos, aumento da sudação. Psicologicamente, provoca apatia e desinteresse pelo trabalho. Essas situações são extremamente desfavoráveis num ambiente escolar (KOWALTOWSKI, 2011 p 141).

O conforto térmico é influenciado por fatores que podemos classificar ambientais e individuais, ou seja, os fatores ambientais são: temperatura do ar; temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade do ar (Kowaltowski, 2011 apud Ruas, 1999), e em relação aos fatores individuais Serra e Coch (1995) classificam em três grupos as condições do indivíduo: condições biológico-fisiológicas, que dependem hereditariedade, sexo e idade; em condições sociológicas que depende do tipo de atividade, tipo de alimentação, educação ambiente familiar e outras; e a terceira que trata das condições psicológicas que são variáveis para cada usuário.

Kowaltowski (2011) cita alguns parâmetros que devem ser adotados para avaliação térmica do ambiente, que são:

- Temperatura do ar;
- Temperatura radiante;
- Ventilação e troca de ar;
- Exposição à radiação solar;
- Umidade relativa;
- Presença de superfícies muito aquecidas;
- Paredes expostas à radiação solar direta ou cobertura sem resistência térmica adequada;
- Mofo e deterioração de materiais construtivos.

A ventilação em relação ao conforto térmico tem importante função, pois propicia a dissipação de calor e a desconcentração de vapores dos ambientes, principalmente em regiões de clima temperado e de clima quente e úmido. No que concerne à saúde a ventilação tem a função de manutenção da qualidade do ar, sendo importante para higiene dentro do ambiente, (FROTA, SCHIFFER 2001).

Conceitualmente, Segundo Frota e Schiffer (2001) afirmam que:

A ventilação natural é o deslocamento do ar através do edifício, através de aberturas, umas funcionando como entrada e outras, como saída. Assim, as aberturas para ventilação deverão estar dimensionadas e posicionadas de modo a proporcionar um fluxo de ar adequado ao recinto. Frota e Schiffer (2003, p. 124).

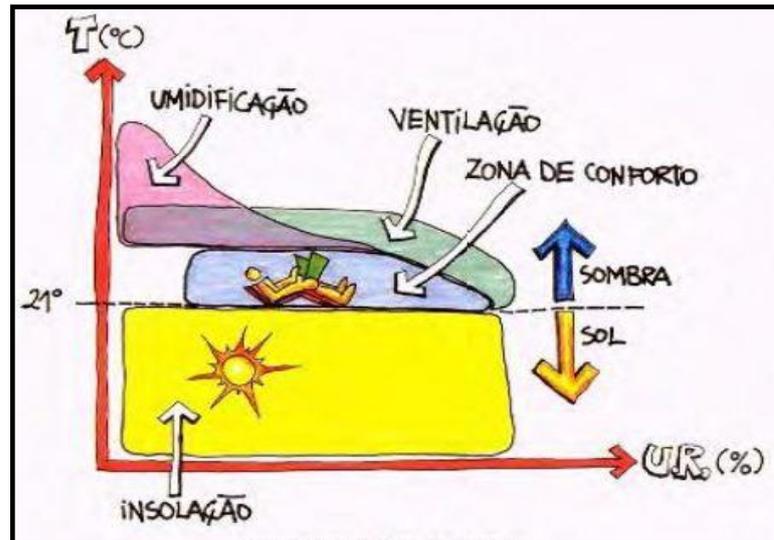
O Brasil é um país de clima quente e por isso é de grande importância avaliar as recomendações específicas que são dadas para cada estado brasileiro para que se atenda de forma adequada as construções escolares, implementando estratégias apresentadas pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

3.1.4 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Arquitetura bioclimática é o estudo que visa compatibilizar as construções com as características locais e o clima, pensando no usuário que habitará ou trabalhará nelas. Aproveitando a energia solar e o micro clima (SOUZA, 2007).

Em relação ao princípio da bioclimatologia, na década de 1960, Olgay elaborou a primeira carta bioclimática, na qual propôs estratégias de adaptação da edificação ao clima a partir de dados do clima externo. Aplicou a bioclimatologia na arquitetura considerando o conforto térmico humano e criando a expressão projeto bioclimático. Olgay também desenvolveu um diagrama bioclimático que indica a estratégia arquitetônica a ser adotada para cada clima (Figura 3.1).

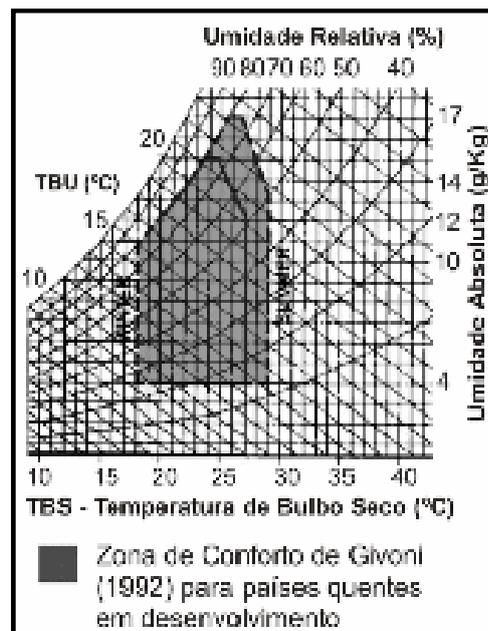
Figura 3.1: Carta Bioclimática de Olgay



Fonte: Lambert et al, 2007.

Givoni (1969) desenvolveu a carta bioclimática para edifício: “*Building Bioclimatic Chart*”, de acordo com Givoni (1992) se fez necessário para corrigir as limitações do diagrama de Olgay (BOGO et al, 1994 apud GIVONI, 1992). (Figura 3.2)

Figura 3.2: Carta Bioclimática de GIVONI (1992), para países em desenvolvimento.



Fonte: GIVONI, 1992.

Em relação ao diagrama de Olgyay pode-se dizer que é apropriado para condições em ambientes externos, porém há uma incoerência com relação a estratégias para condições internas em seu diagrama (GIVONI 1992).

Em 1992 Givoni com base em pesquisas feitas em países de clima temperado (Estados Unidos, Israel e países Europeus), entretanto, considerando estudos realizados em países quentes e em desenvolvimento com clima quente e úmido, e sabendo que as pessoas aceitam limites máximos de temperatura e umidade, em 1992 fez atualizações, sugerindo a expansão destes limites, ou seja, a carta bioclimática de Givoni passa a ter demarcações de diferentes limites para atender países de clima temperado em desenvolvimento (BOGO et al, 1994).

Givoni (1992) apresenta várias estratégias para projetos e sistemas de resfriamento natural, com intuito de garantir conforto térmico no interior dessas edificações, e com opções apresentadas temos: Resfriamento evaporativo direto; Resfriamento evaporativo indireto; Ventilação durante o dia e Inércia térmica com ou sem ventilação. Ele também sugere para países em desenvolvimento o aumento de 2°C a temperatura limite máximo em relação a países desenvolvidos e também elevou de 2g/Kg o valor do conteúdo do vapor. Essas modificações se fizeram necessárias com base em resultados de pesquisa, sendo assim, alterando a nova carta de temperatura efetiva no limite superior da sensação de conforto, que passou de 27°C para 29°C, quando o aumento da velocidade do ar é aumentado de 0,1 para 1,5 m/s.

Assim, pode-se inferir que a arquitetura bioclimática cria soluções para diminuir o consumo energético e principalmente melhorar as condições de vida do ser humano. Desta forma aperfeiçoando as relações entre homem e natureza. (Neves, 2006)

A utilização de normas e o estudo feito sobre a região na qual será implantado um determinado projeto pode aumentar o conforto ambiental e diminuir o consumo de energia elétrica.

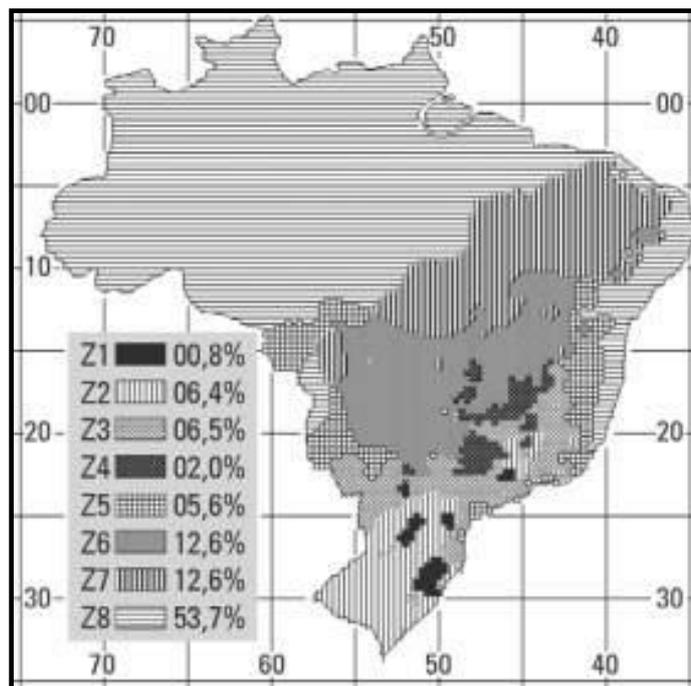
Ao elaborar um projeto deve-se aproveitar a iluminação natural e a ventilação natural, para diminuir o consumo energético. Tornar o ambiente acusticamente confortável, apenas com a geometria adequada do ambiente construído. Assim proporcionando pelo menos o mínimo de conforto ao usuário.

Sabe-se que existe grande dificuldade para adequar um projeto a todos os tipos de conforto, por tanto, para esse estudo será enfatizado os parâmetros de conforto térmico.

3.2 NORMA BRASILEIRA 15220 - DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES PARTE 3: ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO E DIRETRIZES CONSTRUTIVAS PARA HABITAÇÕES UNIFAMILIARES DE INTERESSE SOCIAL

A NBR 15220 (ABNT 2005) apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto e estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro (Figura 3.3). Além do que são feitas recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de conforto fixado.

Figura 3.3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro



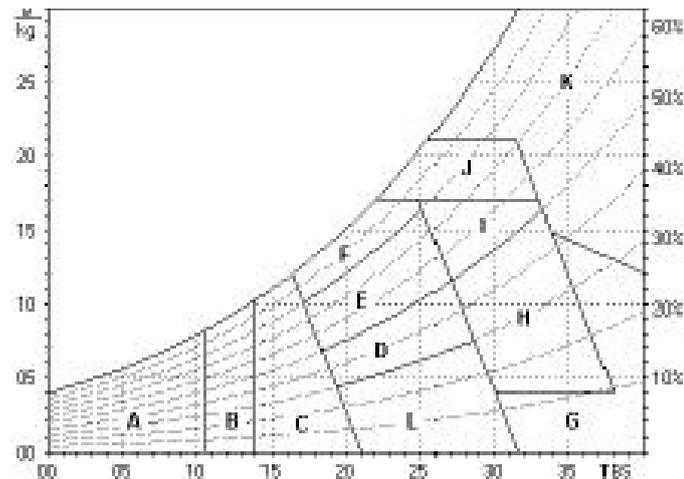
Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005).

De acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005) cada zona tem suas indicações e diretrizes construtivas para se conseguir o máximo de desempenho em relação à eficiência energética de uma edificação. Estes estudos foram feitos para melhor

adequar os projetos ao clima tropical do Brasil e se basearam nas pesquisas de Givoni.

Foram necessárias adaptações à carta bioclimática elaborada por Givoni, para elaborar a carta bioclimática com o zoneamento adequado ao Brasil, como mostra figura 3.4.

Figura 3.4: Carta Bioclimática Adaptada



LEGENDA

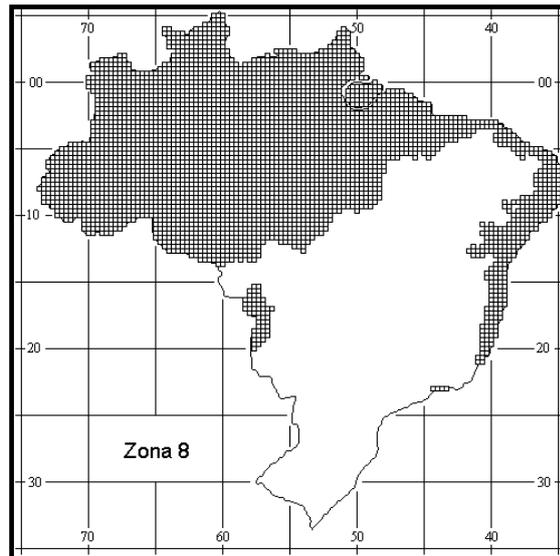
A – Zona de aquecimento artificial (calefação)	G + H – Zona de resfriamento evaporativo
B – Zona de aquecimento solar da edificação	H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
C – Zona de massa térmica para aquecimento	I + J – Zona de ventilação
D – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)	K – Zona de refrigeração artificial
E – Zona de Conforto Térmico	L – Zona de umidificação do ar
F – Zona de desumidificação (renovação do ar)	

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005), b).

É importante que se faça a consulta desta norma para identificar a zona bioclimática na qual está inserido o projeto a ser analisado, para que sejam adotadas as recomendações da região em questão. Sendo assim, constatou-se que o município de Macapá no qual será realizado o estudo, está localizado na zona Bioclimática 08 (Figura 3.5).

3.2.1 DIRETRIZES PARA A ZONA BIOCLIMÁTICA 08

Para o objetivo o qual esta monografia se remete é necessário fazer o estudo da zona bioclimática 08 (Figura 3.5).

Figura 3.5: Zona 08

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005).

As diretrizes apontadas por esta norma estão descritas nas Tabelas 3.4, 3.5 e 3.6.

Tabela 3.4 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 08

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Grandes	Sombrear aberturas

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005).

Tabela 3.5 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 08

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve refletora
Notas: 1 Coberturas com telha de barro sem forro, embora não atendam aos critérios das tabelas 23 e C.2, poderão ser aceitas na Zona 8, desde que as telhas não sejam pintadas ou esmaltadas. 2 Na Zona 8, também serão aceitas coberturas com transmitâncias térmicas acima dos valores tabelados, desde que atendam às seguintes exigências: a) contenham aberturas para ventilação em, no mínimo, dois beirais opostos; e b) as aberturas para ventilação ocupem toda a extensão das fachadas respectivas. Nestes casos, em função da altura total para ventilação, os limites aceitáveis da transmitância térmica poderão ser multiplicados pelo fator (FT) indicado pela expressão 1.

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005).

Tabela 3.6 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 8

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada permanente Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes. O código J é o mesmo adotado na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B da NBR 15220).

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005).

As tabelas 3.6 e 3.7 apresentam diretrizes construtivas relativas às aberturas para ventilação e a tabela 3.8, diretrizes construtivas relativas à transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para paredes externas e coberturas.

Tabela 3.7 - Aberturas para ventilação

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Grandes	A > 40%

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005, a).

Tabela 3.8 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa

Vedações externas		Transmitância Térmica – U W/m ² .K	Atraso térmico - φ Horas	Fator solar – FS _o %
Paredes	Leve refletora	U ≤ 3,60	φ ≤ 4,3	FS _o ≤ 4,0
Coberturas	Leve refletora	U ≤ 2,30.FT	φ ≤ 3,3	FS _o ≤ 6,5

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005, a).

Adotando as estratégias indicada pelas NBR'S para elaboração de projeto de qualquer ambiente pode-se conseguir otimizar de formar a garantir a satisfação do usuário e reduzir os impactos causados no meio ambiente.

CAPÍTULO 4 - PROJETO DE EDIFICAÇÃO ESCOLAR COM PARÂMETROS ADEQUADOS AO MUNICÍPIO DE MACAPÁ

Este capítulo abordará o objeto de estudo no qual será feito a análise da Escola Estadual Professora Jacinta Maria Rodrigues de Carvalho Gonçalves, com o intuito de detectar os pontos negativos relacionados ao Conforto térmico, e será apresentada uma nova proposta de edifício escolar buscando adequar aos parâmetros de conforto térmico de acordo com a Norma Brasileira 15.220.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA ANALISADA

A Escola Estadual Professora Jacinta Maria Rodrigues de Carvalho Gonçalves está localizada na Rua da Marinha, sem número no Bairro Vale Verde, Município de Macapá. O Bairro Vale verde fica na região sul do município, com acesso pela Rodovia Juscelino Kubitschek. Em seu entorno se percebe que trata de um bairro basicamente residencial, da qual a população aparenta níveis de renda que variam de média-baixa a baixa. Um bairro predominantemente horizontal, ocupado essencialmente por residências unifamiliares, mais possui praça, escola e muita área verde ao seu entorno (Figura 4.1).

Figura 4.1 - Localização do objeto de estudo



Fonte: Google Earth, 2013

4.1.1 CONDICIONANTES LEGAIS

O instrumento a ser utilizado neste capítulo será o plano diretor de desenvolvimento urbano e ambiental de Macapá, lei municipal que estabelece diretrizes para a ocupação da cidade, no qual são estabelecidas as características físicas, as atividades predominantes, as suas potencialidades, entre outros.

O regime urbanístico utilizado neste capítulo foi adquirido na SEDUH órgão da prefeitura de Macapá.

4.1.1.1 DA SETORIZAÇÃO

Segundo a lei complementar Nº 029/2004 - PMM, de 24 de junho de 2004, a área estudada está localizada no Setor Lazer 1 como indica o quadro abaixo.

Quadro 4.1 - Setorização urbana

SETORIZAÇÃO URBANA	
Dos Setores Urbanos	
XI - Setor de Lazer 1 – inserido na Subzona de Fragilidade Ambiental prevista no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Macapá, com as seguintes diretrizes específicas:	
a) incentivo à densidade muito baixa;	
b) ocupação horizontal;	
c) incentivo à implantação de atividades comerciais e de serviços de apoio ao lazer e ao turismo, com restrição às atividades que causem impactos ambientais.	

Fonte: Lei complementar 029/2004.

4.1.1.2 DO PERIMETRO URBANO

A área de estudo localizada no perímetro urbano do município de Macapá é descrita no quadro abaixo.

Quadro 4.2 – Setor no qual se localiza o objeto de estudo

<i>Setores</i>	Descrição dos Limites
Setor de Lazer 1 (SL1)	Área compreendida ao longo da Rodovia Juscelino Kubistchek entre os polígonos 3 e 4 do SR2 e a várzea da orla do rio Amazonas.

Fonte: Lei complementar 029/2004.

4.1.1.3 USOS E ATIVIDADES

O quadro 4.3 apresenta as diretrizes e usos permitidos para o Setor Lazer (SL1) orientando o uso e atividades.

Quadro 4.3 – Uso e atividades

SETOR	USOS E ATIVIDADES		
	DIRETRIZES	USOS PERMITIDOS	OBSERVAÇÕES
LAZER 1 – SL1	Atividades comerciais e de serviços de apoio ao lazer e ao turismo; com restrições as atividades de impacto ambiental.	Residencial uni e multifamiliar; comercial e industrial níveis; de serviços níveis 1, 2, 3, 4 e 5; agrícola nível 3.	Serviços nível 2 somente museu, centro cultural, e hotel e pousada, nível 3 somente clube, hotel ou pousada, motel, cinema e teatro, nível 4 somente hotel ou pousada, nível 5 somente equipamentos esportivos e de lazer; industrial nível 1 somente caseira; agrícola nível 3 exceto criação de aves e ovinos.

Fonte: Lei complementar 028/2004.

4.1.1.4 INTENSIDADE DE OCUPAÇÃO

O quadro 4.4 apresenta diretrizes para a intensidade de ocupação e informa parâmetros para ocupação do solo como o CAT máximo, altura máxima da edificação, taxa de ocupação máxima, taxa de permeabilidade mínima e afastamentos frontal, lateral e fundo.

Quadro 4.4 – Intensidade de Ocupação para setor (Lazer 1)

DIRETRIZES PARA INTENSIDADE DE OCUPAÇÃO	PARÂMETROS PARA OCUPAÇÃO DO SOLO					
	CAT máximo	ALTURA MÁXIMA DA EDIFICAÇÃO	TAXA DE OCUPAÇÃO MÁXIMA	TAXA DE PERMEABILIZAÇÃO MÍNIMA	AFASTAMENTOS MÍNIMOS	
					FRONTAL	LATERAL E FUNDO
Densidade muito baixa Ocupação horizontal	1,0 (a)	8	40%	40%	5,0	2,5

Fonte: Lei complementar 028/2004.

4.1.1.5 VAGAS DE GARAGEM E ESTACIONAMENTO

O quadro 4.5 trata das vagas de garagem e estacionamentos, apresenta o número mínimo de vagas para veículos e veículos de serviço, para uma edificação escolar.

Quadro 4.5 – Das vagas de garagem e estacionamentos para edificação escolar

ATIVIDADES	NUMERO MINIMO DE VAGAS PARA VEICULOS	AREA MINIMA PARA VEICULOS DE SERVIÇO
Escola Fundamental e Média	1 vaga/100m ² de área útil	-----

Fonte: Lei complementar 028/2004.

4.1.2 PROGRAMA DE NECESSIDADE DA ESCOLA ESTADUAL PROFESSORA JACINTA MARIA RODRIGUES DE CARVALHO GONÇALVES

O programa de necessidade (Quadro 4.6) foi elaborado pelo governo do Estado do Amapá junto à SEINF, com intuito de atender as necessidades educacionais do bairro Vale Verde e adjacentes. Esse mesmo programa de necessidade será adotado nesta pesquisa para elaboração de uma nova proposta projetual de um edifício escolar, que visa atender os parâmetros de conforto ambiental adequado às características climáticas locais.

Quadro 4.6 – Programa de necessidade da escola analisada

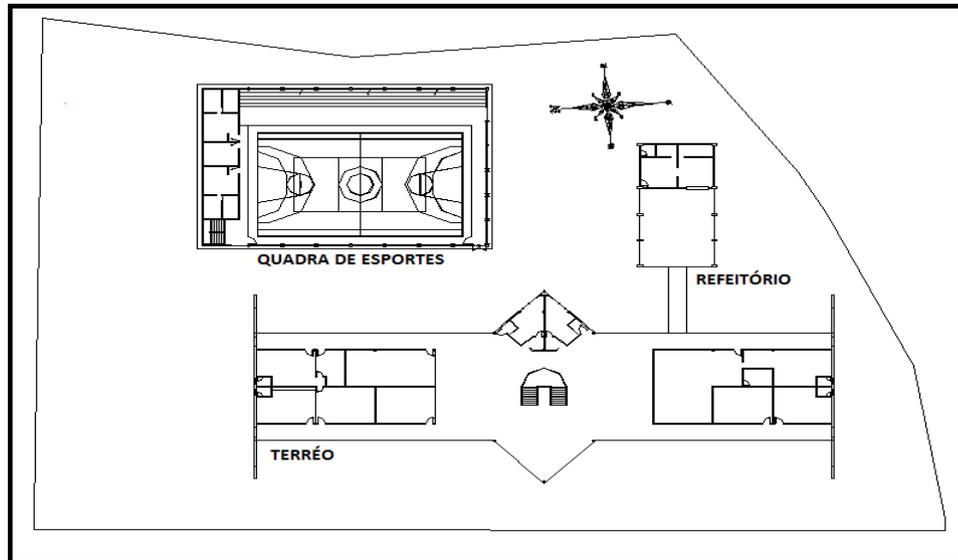
Setor	Espaço	Atividade	Equipamento	Quantidade
Setor Administrativo	Secretaria	Atendimento ao público e atividades administrativas	Mesas, cadeiras, armários e equipamentos de informática.	1
	Sala de Direção	Atendimento ao público e atividades administrativas	Mesas, cadeiras, armários e equipamentos de informática.	1
	Sala de professores	Permanência dos professores nos intervalos.	Mesa e cadeiras	1
	Sala de Reunião	Ocorre reuniões pedagógicas.	Mesa de reunião, cadeiras e sofá.	1
				...Continuação

Setor	Espaço	Atividade	Equipamento	Quantidade
Setor de vivência e Assistência	Biblioteca	Sala de estudo, exposição e leitura.	Estantes, mesas, cadeiras e poltronas.	1
	Serviço técnico pedagógico		Mesas, cadeiras e armário.	1
	Sala de apoio assessoria supervisão/ orientação	Serviço de orientação educacional	Mesas, cadeiras e armário.	1
	Refeitório	Destinado às refeições.	Mesas, cadeiras	1
	Pátio aberto	Espaços para atividades externas	Bancos, bebedouro	1
	Quadra Poliesportiva	Área destinada à prática de esportes.		1
	Vestiário Feminino		3 conjuntos de sanitário e lavatório e 4 chuveiros	
	Vestiário Masculino		3 lavatórios, 4 chuveiros e 2 sanitários.	
	Sanitário Feminino		6 lavatórios e 6 sanitários	
	Sanitário Feminino Deficiente		2 sanitários	
	Sanitário Masculino		1 mictório grande, 3 sanitários e 6 pias	1
	Sanitário Masculino Deficiente		1 sanitário	
Setor Pedagógico	Sala de aula	Destinado ao aprendizado	Mesa, carteiras, lousa	16
	Sala de vídeo	Espaço para projeção de vídeos.	Poltronas, retroprojektor	1
	Sala de Informática		Mesas, cadeiras e equipamentos de informática.	1
Setor de serviço	Cozinha	Destinado para preparação de alimentos		1
	Dispensa	Depósito de alimentos	Armários	2
	Depósito cozinha	Depósito de material de limpeza	Armários	1

4.1.3 IMPLANTAÇÃO DA ESCOLA ANALISADA

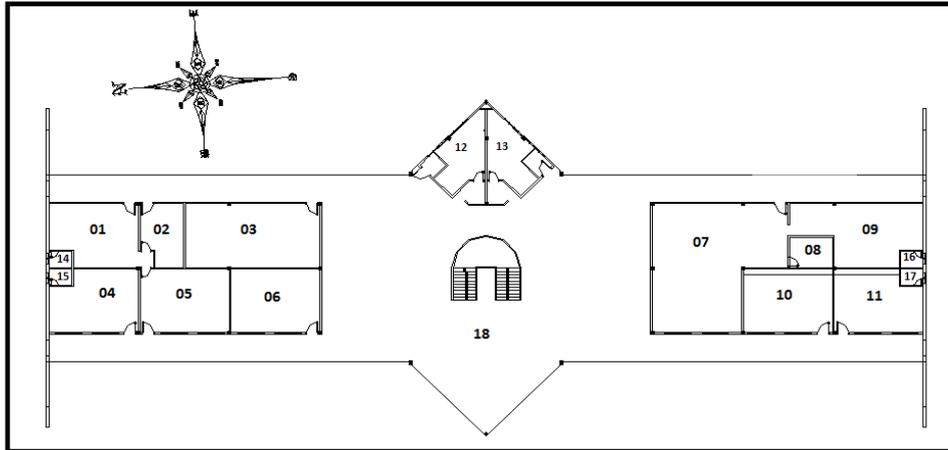
A edificação escolar em seu partido geral é composta por três prédios sendo o refeitório, quadra poliesportiva e o prédio principal. Como mostra a Figura 4.2.

Figura 4.2: Implantação do partido.



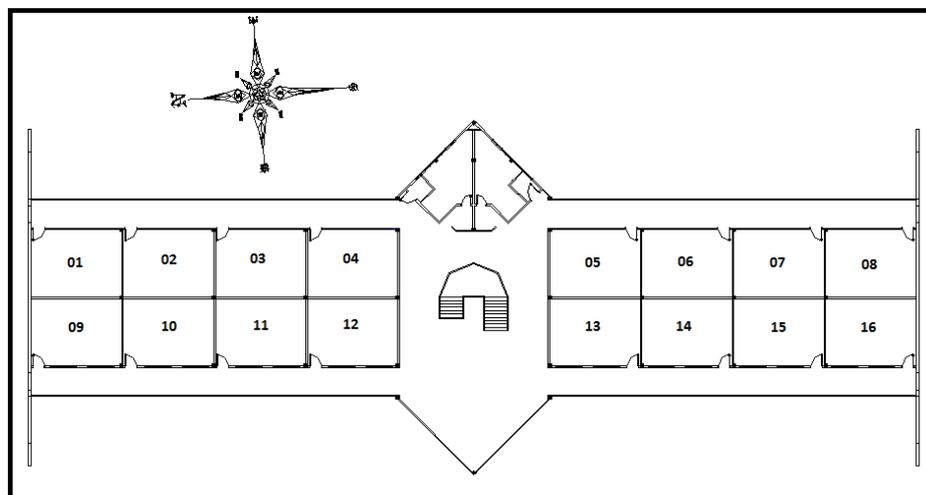
Fonte: SEINF (2008), adaptada pelos autores (2013).

O partido do prédio principal tem o formato retangular, possui 02 (dois) pavimentos, com sua projeção horizontal ocupando a frente do terreno. No térreo estão as seguintes dependências (Figura 4.3), serviço técnico pedagógico (01); supervisão e orientação (02); e ainda sala de informática (03); sala dos professores (04); sala de reunião (05); sala de vídeo (06); biblioteca (07); sala do bibliotecário (08); sala de acervo (09); secretaria (10); diretoria (11); sanitário masculino e feminino (12 e 13) e Lavabos (14 à 17).

Figura 4.3: Partido pavimento térreo.

Fonte: SEINF (2008), adaptada pelos autores (2013).

O pavimento superior (Figura 4.4) é composto basicamente de salas de aulas (01 à 16) e sanitários idênticos ao do pavimento térreo. Este pavimento possui varandas nos dois lados no sentido longitudinal do prédio, com a presença de guarda corpos.

Figura 4.4: Partido pavimento superior

Fonte: SEINF (2008), adaptada pelos autores (2013).

As fachadas de maior comprimento estão localizadas a leste e oeste, ou seja, recebem maior carga térmica, como podemos observar nas figuras (4.5 e 4.6).

Frota e Schiffer (2003); Lambert (1997; 2011) afirmam que a melhor orientação para as edificações situadas na Região Amazônica, em razão do clima local e a incidência intensa de radiação solares, é situar as fachadas maiores para as orientações norte e sul, e as menores para as orientações leste e oeste.

Figura 4.5 – Fachada principal (oeste) da edificação.



Fonte: acervo pessoal dos autores (2013).

Figura 4.6 – Vista corredor (2º pavimento)



Fonte: acervo pessoal dos autores (2013).

4.1.4 ENTORNO

O terreno no qual a Escola Estadual Professora Jacinta Maria Rodrigues de Carvalho Gonçalves está situada, tem características positivas para implantação de um Complexo Educacional, no que tange ao Conforto ambiental, pois seu entorno possui uma área verde preservada na orientação oeste do terreno (Figura 4.7), contribuindo para a formação de microclima agradável para a localidade.

Manfredini (2002) apud Grybowski (2004) evidencia que a existência de arborização no espaço urbano, influencia no conforto térmico local.

Nas laterais (norte e sul) e na parte posterior do lote (leste) da área de intervenção encontram-se residências unifamiliares tipo térreo, que não causam barreiras para ventilação. Não há presença de indústrias e nem fluxo intenso de veículos, evitando maiores problemas com ruídos externos.

Figura 4.7 – Situação do terreno



Fonte: Google Earth, 2013

4.1.5 METODOLOGIA

Buscando-se atingir os objetivos do presente trabalho, foram realizadas seis etapas: levantamento bibliográfico através da literatura específica, coleta de dados, análise dos dados coletados, elaboração de proposta projetual, cálculos prescritivos e análise do modelo proposto.

Para melhor compreensão do tema buscou-se agregar, conceitos, teorias e estudos relacionados como referência, necessários para ampliar o conhecimento dos pesquisadores.

Tal coleta de dados foi feita em campo através de medições das dimensões do ambiente, verificação dos materiais construtivos e medições de valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar, bem como observações do entorno, das características da implantação e do partido.

A análise dos dados coletados foi feita de acordo com as diretrizes recomendadas pela NBR 15.220 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro e o método sugerido por GIVONI.

Elaborou-se uma proposta projetual, a qual terá o mesmo programa de necessidades e o mesmo terreno da escola estudada, fazendo uso de suas características positivas.

O método prescritivo utilizado para verificar o desempenho térmico do edifício foi o CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Batiment- de Paris*), apresentado por Borel (1967) e Croiset (1972), que consiste no cálculo do balanço térmico dos ganhos e das perdas de calor. Conforme Frota e Schiffer (2003, p.139) “é o mais aplicável, pois, baseia-se no regime térmico permanente e utiliza-se de dados climáticos disponíveis, e das características dos materiais numa abordagem acessível”. Este método já considera em seus cálculos, o atraso térmico (através da avaliação da inércia da construção) e o fator de calor solar admissível.

4.1.5.1 EQUIPAMENTO UTILIZADO

Para a realização desta pesquisa foram utilizados os seguintes recursos e procedimentos:

Instrumento Termo-higrômetro Interno/Externo (HT-600) – *Thermometer Clok* – Utilizado para medir umidade relativa do ar, temperatura e horário simultaneamente (Figura 4.8).

Figura 4.8 - Termo-higrômetro Interno/Externo (HT-600)



Fonte: Manual do fabricante

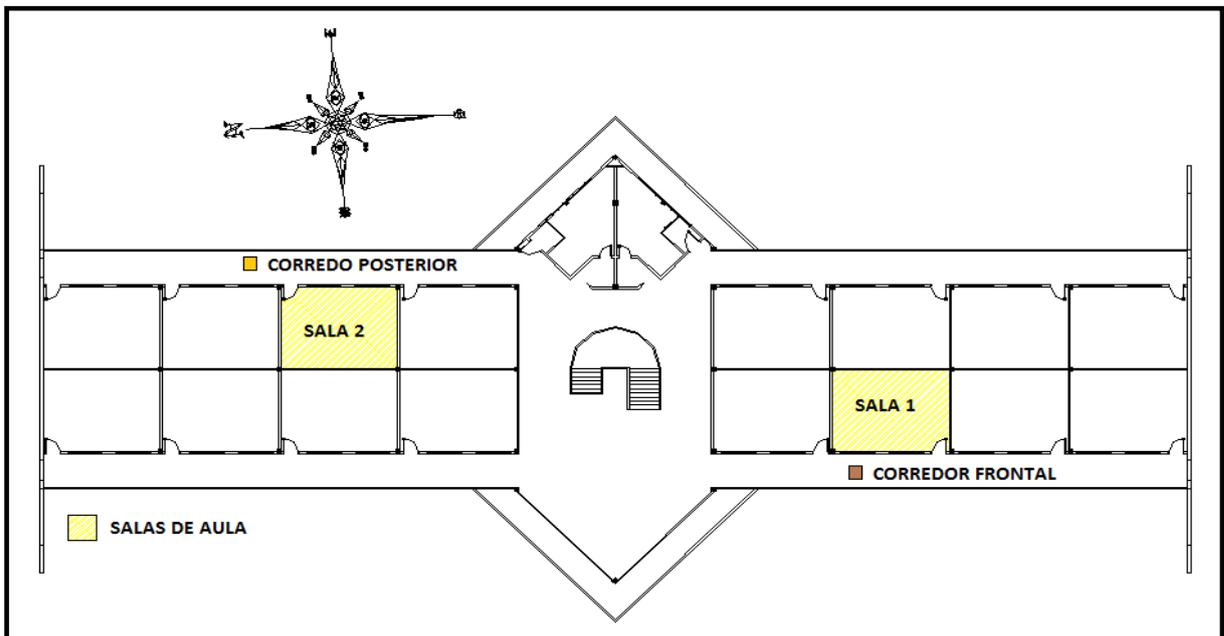
Este equipamento apresenta as seguintes faixas de atuação: Temperatura: Interna = **-30°C ~ 50°C** / Externa= **-50°C ~70°C**; Umidade Relativa: **20 % ~ 99%**. O grau de precisão de suas medidas segue as seguintes variações: Temperatura: **±1°C** e Umidade Relativa: **± 5%U.R.**

4.1.5.2 PERÍODO DE MEDIÇÃO

Para realização deste trabalho foram realizadas medições durante duas semanas do mês de março, 3 (três) vezes por semana. No período matutino às 10 horas e no período vespertino às 15 horas, considerando que os mesmos são os horários mais críticos.

Foram coletados dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, em ambiente interno e externo. Para as medições foram considerados os ambiente mais críticos em relação à insolação e ventilação. As medições foram feitas em duas salas de aula conforme apresentado na Figura 4.9.

Figura 4.9 – Pontos de medição

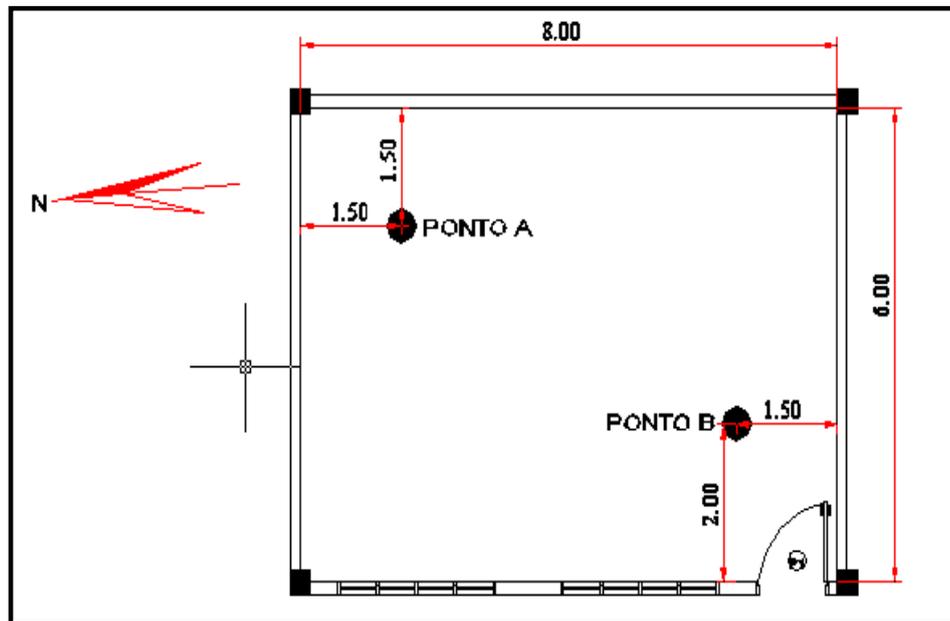


Fonte: Produção dos autores, 2013.

Os ambientes externos, nos quais foram feitas as medições, correspondem aos corredores frontal e posterior do edifício principal dessa edificação. Cabe ressaltar que cada sala de aula tem capacidade para 25 alunos em média, e seu mobiliário é composto por carteiras e mesa para o professor.

As medições ocorreram em salas de aula, cujo formato é retangular medindo 8,00 x 6,00 m, como mostra a figura 4.10, essas medições foram feitas em 2 (dois) pontos A e B, localizados no interior do ambiente, durante 3 minutos, a 80 cm do piso, sendo o ponto A à 1,50 m da parede lateral e de fundo e o ponto B à 2,00 m da parede lateral e 1,50 m da parede de frontal (Figura 4.10).

Figura 4.10 – planta baixa da sala de aula.



Fonte: Produção dos autores, 2013.

A partir das informações obtidas, foram elaboradas as Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 apresentando as medições de temperatura em graus celsius, e a Tabela 4.4. com os resultados da umidade relativa do ar em valores percentuais.

Tabela 4.1- Temperatura Externa nos Corredores

DATA	MANHÃ		TARDE	
	FRONTAL	POSTERIOR	FRONTAL	POSTERIOR
11/mar	32,1°	34,4°	34,4°	32,1°
13/mar	33,5°	36,2°	34,1°	33,4°
15/mar	31,2°	31,3°	36,2°	31,3°
18/mar	29,7°	30,8°	33,5°	31,3°
20/mar	29,4°	29,8°	29,4°	30,1°
22/mar	33,5°	35,3°	35,3°	33,5°

Fonte: Trabalho de campo, 2013.

Tabela 4.2- Temperatura interna na sala de aula matutina

SALA 1	MANHÃ				TARDE			
	COM AR		S/AR		COM AR		S/AR	
DATA	PONTO 1	PONTO 2						
11/mar	27,6°	27,7°	30,5°	30,7°	28,2°	28,4°	33,5°	33,4°
13/mar	26,3°	26,5°	31,1°	31,3	29,4°	29,3°	34,7°	34,6°
15/mar	27,5°	27,6°	30,9°	30,8°	29,8°	29,7°	35,1°	35,3°
18/mar	28,3°	28,1°	32,2°	32,1°	30,1°	30,3°	35,6°	35,5°
20/mar	23,9°	24,1°	28,8°	28,5°	26,1°	26,3°	30,4°	30,3°
22/mar	28,1°	24,1°	31,2°	31,3°	30,3°	30,4°	36,1°	36,2°

Fonte: Trabalho de campo,2013.

Tabela 4.3 - Temperatura interna na sala de aula vespertina

SALA 2	MANHÃ				TARDE			
	COM AR		S/AR		COM AR		S/AR	
DATA	PONTO 1	PONTO 2						
11/mar	28,5°	28,4°	32,6°	32,5°	27,1°	27,2°	31,9°	31,8°
13/mar	28,9°	28,8°	33,8°	33,7°	26,9°	26,7°	32,3°	32,4°
15/mar	29,1°	29,3°	33,1°	33,2°	28,1°	28,2°	29,9°	30,3°
18/mar	30,1°	30,2°	35,6°	35,6°	28,3°	28,4°	32,2°	32,9°
20/mar	24,8°	24,5°	28,4°	28,3°	24,2°	24,3°	28,8°	29,1°
22/mar	31,3°	31,1°	34,7°	34,6°	28,1°	28,2°	32,8°	34,1°

Fonte: Trabalho de campo,2013.

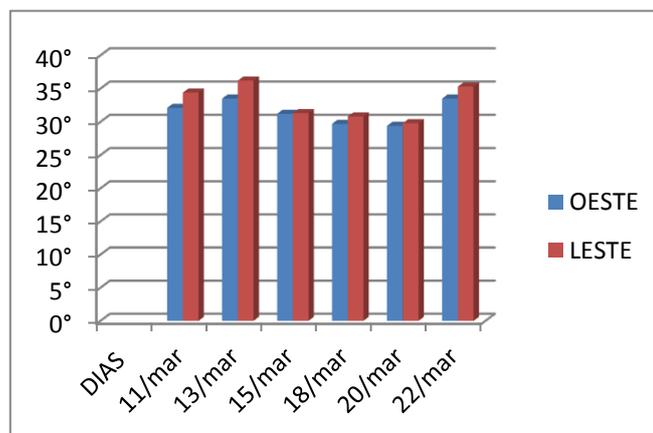
Tabela 4.4- Umidade relativa do ar nos corredores

DIAS	MANHÃ		TARDE	
	LESTE	OESTE	LESTE	OESTE
11/mar	65%	66%	67%	65%
13/mar	64%	67%	66%	64%
15/mar	65%	62%	65%	62%
18/mar	58%	58%	56%	56%
20/mar	57%	58%	56%	56%
22/mar	66%	64%	68%	66%

Fonte: Trabalho de campo, 2013.

Para melhor visualização e interpretação dos dados foram gerados gráficos com as informações coletadas (Figuras 4.11 a 4.16). É importante mencionar as oscilações consideráveis dos valores de temperatura do ar no período matutino, sendo que os maiores resultados encontradas foram nos ambientes localizados à leste devido à insolação direta.

Nos dias 18/03 e 20/03 constatou-se que os valores de temperatura são mais baixos do que os valores de temperaturas medidos em outros dias, pois as condições do céu eram anisotrópicas.

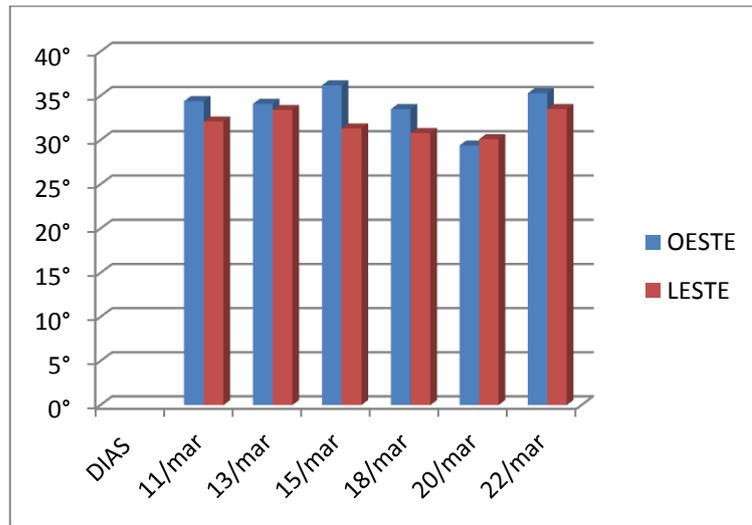
Figura 4.11 - Dados da Temperatura Externa dos Corredores (matutino)

Fonte: Produção dos autores, 2013.

Os dados coletados no período vespertino apresentam variações consideráveis de temperatura, exceto nos dias chuvosos (18/03 e 20/03).

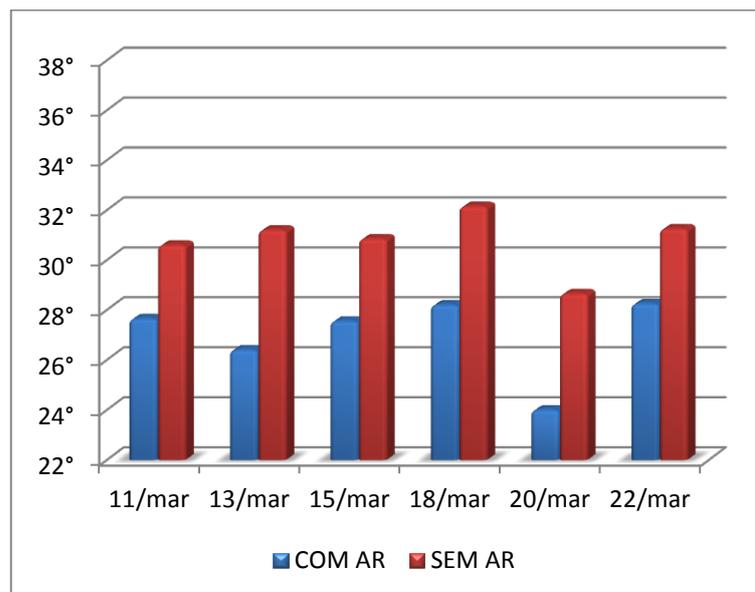
Observaram-se valores de temperatura mais elevados na fachada oeste (Figura 4.12). Os raios solares incidem nesse corredor com bastante intensidade. Isso se deve a má orientação solar do edifício dentro do terreno.

Figura 4.12 - Dados da Temperatura Externa (vespertino)



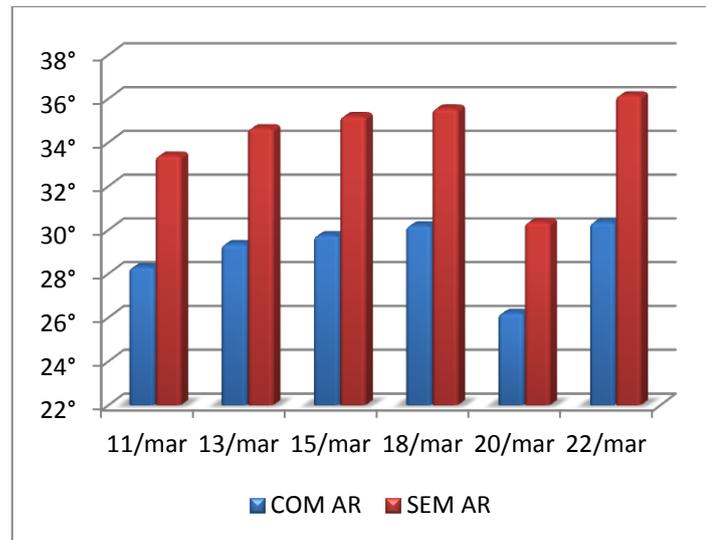
Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.13 - Dados da sala 1 (manhã)



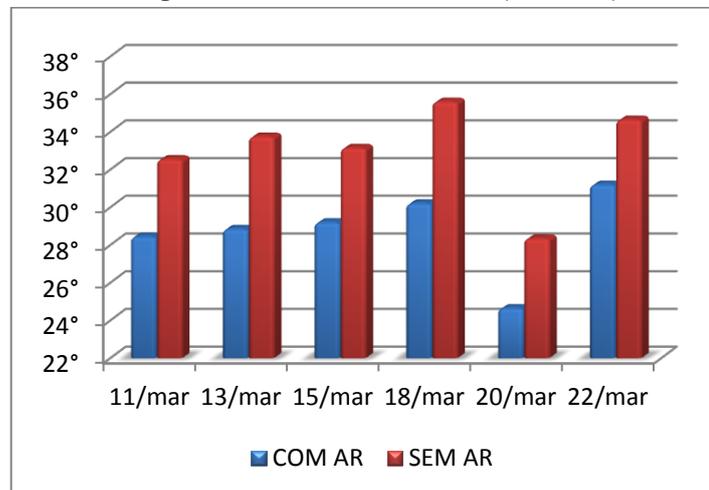
Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.14 - Dados da sala 1 (tarde)

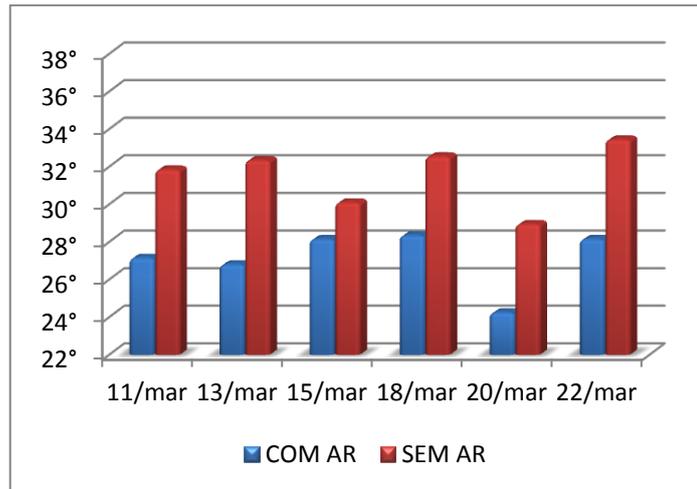


Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.15 - Dados da sala 2 (matutino)

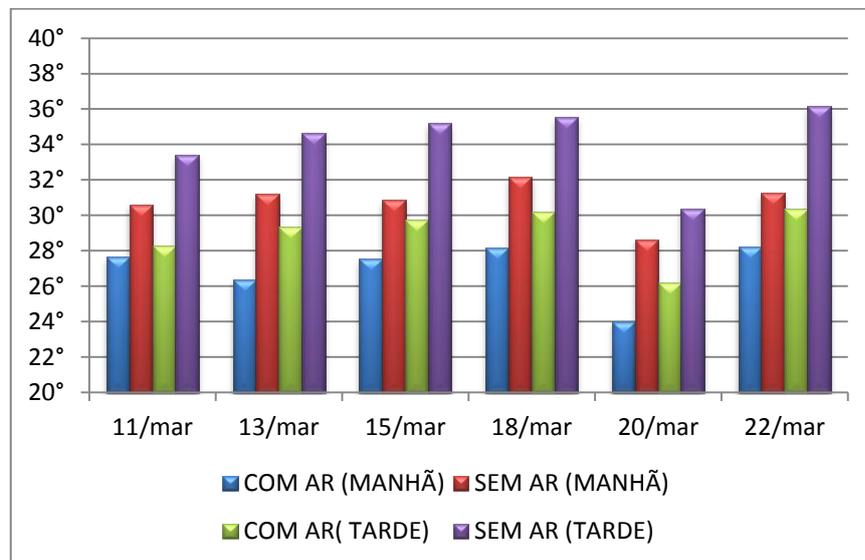


Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.16 - Dados da sala 2 (vespertino)

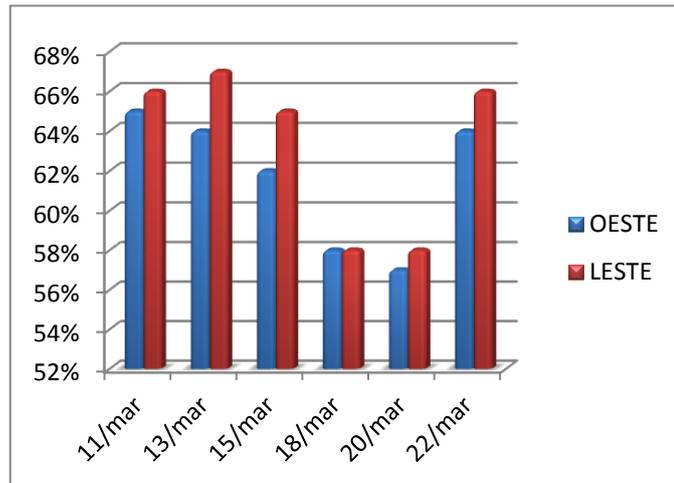
Fonte: Produção dos autores, 2013.

Foi produzida uma média aritmética dos valores de temperatura do ar coletadas no ponto A e B, de cada sala de aula. Os gráficos (Figura 4.13 à 4.17) apresentam os resultados.

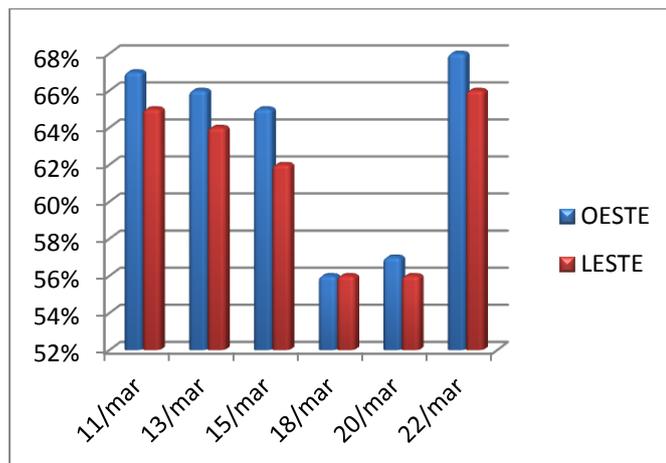
Figura 4.17 - Dados medianos da Temperatura Interna nas Salas de Aula

Fonte: Produção dos autores, 2013.

Em relação à umidade relativa do ar, se constata consideráveis oscilações durante os dias que foram feitas as medições, em ambos os períodos coletados. Essa variação se deu em virtude das condições climáticas, céu anisotrópico e isotrópico, nos dias 18/03 e 20/03, respectivamente (Figuras 4.18 e 4.19).

Figura 4.18 - Dados da Umidade Relativa (matutino)

Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.19 - Dados da Umidade (vespertino)

Fonte: Produção dos autores, 2013.

As temperaturas obtidas nessa pesquisa foram acima do indicado para conforto térmico, variando entre 33,4°C e 36,1°C. Givoni (1992) evidencia que nos países em desenvolvimento, para se obter um ambiente agradável, a temperatura deve ser entre 18°C a 29°C.

4.1.6 SISTEMA CONSTRUTIVO DA ESCOLA ANALISADA

- PRÉDIO PRINCIPAL

Consiste em uma estrutura aparente, composta por vigas, pilares e lajes em concreto armado, assim como o sistema de calhas. Sua cobertura em telha cerâmica tipo plan com acabamento em resina acrílica, sobre estrutura em madeira de lei, tipos: ripas, caibros, asnas, tirantes, todos estes elementos sobre tesouras metálicas.

As paredes da edificação são em alvenaria de tijolo cerâmico, rebocadas, emassadas com massa acrílica e pintadas. Nos blocos de sanitários e nos demais lavabos o revestimento de paredes são em azulejo. A pavimentação dos ambientes em quase toda sua totalidade em piso de alta resistência, com exceção das chamadas áreas molhadas, que são em lajotas cerâmicas e antiderrapantes.

As janelas das salas de aula são em alumínio anodizado e vidro liso transparente, tipo pivotante. Os balancins são dos mesmos materiais, contudo são do tipo basculante, com abertura para o lado externo dos ambientes. As portas de acesso às salas de aulas e demais ambientes, são em madeira de lei envernizadas. As portas dos banheiros onde se localizam os vasos sanitários são em compensado e revestimento melamínico. Os ambientes possuem forros em PVC branco.

- REFEITÓRIO

Sua cobertura em telha cerâmica tipo plan com acabamento em resina acrílica. Feito sobre estrutura em madeira de lei, tipos: ripas, caibros, asnas, tirantes, todos estes elementos sobre tesouras metálicas, sustentada por pilares e vigas de concreto. A pavimentação em piso de alta resistência. No salão destinado a refeitório, lajotas cerâmicas, antiderrapante.

Os elementos em concreto armado, vigas e pilares, que estão visíveis, possuem pintura em tinta acrílica semi-brilho sobre superfície emassada com massa acrílica, assim como as paredes externas. Internamente as paredes são revestidas com azulejo. Possui forro em PVC branco.

- QUADRA POLIESPORTIVA

Pavimentada com piso cimentado e pintada. A pavimentação dos demais ambientes é em lajotas cerâmicas e antiderrapantes. A cobertura da quadra em telhas de alumínio de forma trapezoidal sobre estrutura metálica. A cobertura do anexo é em telha cerâmica tipo plan com acabamento resinado, sobre estrutura de madeira de lei.

A quadra tem mureta de alvenaria ao seu redor em uma altura de 1,00 m, a partir daí a vedação é em alambrado metálico com complemento em elemento vazado. As empenas em alvenarias complementam o fechamento do espaço.

Todas as paredes são em alvenaria, assim como os elementos em concreto armado, rebocada, emassados com massa acrílica e pintados com tinta acrílica semi-brilho.

As janelas e balancins são em madeira de lei envernizadas. As janelas são do tipo de correr e os balancins do tipo basculante. As portas de acesso aos vestiários e à sala de educação física em madeira de lei envernizadas. As portas dos banheiros onde se localizam os vasos sanitários e chuveiros em compensado e revestimento melamínico. Possui forro em PVC branco.

4.1.7 ANÁLISE DA ESCOLA DE ACORDO COM A NORMA BRASILEIRA 15.220

4.1.7.1 ORIENTAÇÃO E INSOLAÇÃO

Figura 4.20: Orientação da escola analisada



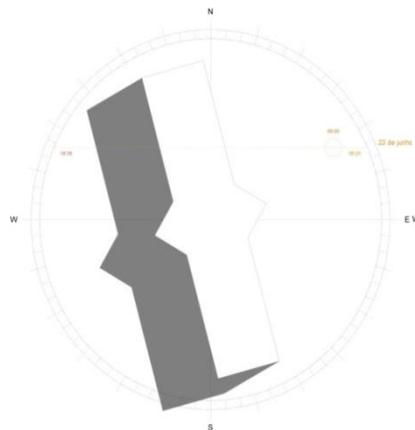
Fonte: Google Earth, 2013

A implantação do edifício no terreno não dispõe orientação favorável. As fachadas com maior comprimento para leste e oeste fazem com que ocorra intensa

radiação solar direta, o que justifica as altas temperaturas coletadas no interior do ambiente. Observou-se uma angulação de $15,62^\circ$ em relação ao norte. (Figura 4.20)

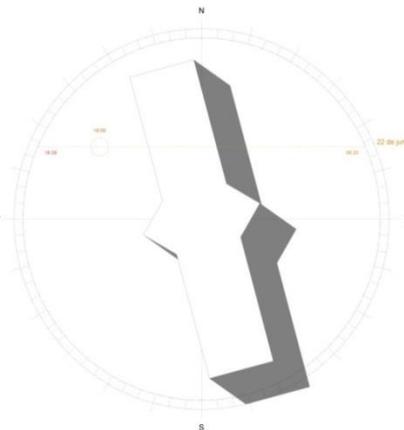
Primordialmente, se desenvolveu estudos a respeito da insolação através de análises na carta solar para a cidade de Macapá (Latitude 0°). Para essa análise se priorizou o solstício de inverno (22/06) e solstício de verão (22/12), 9hs e 15hs respectivamente.

Figura 4.21: Solstício de inverno, às 9hs



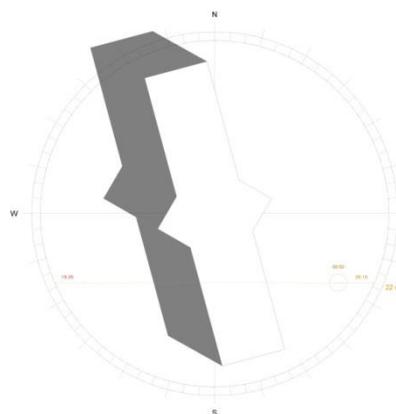
Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.22: Solstícios de inverno, às 15hs.



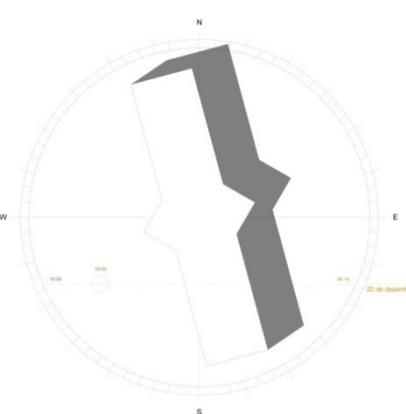
Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.23: Solstício de verão, às 9hs



Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.24: Solstício de verão, às 15hs.

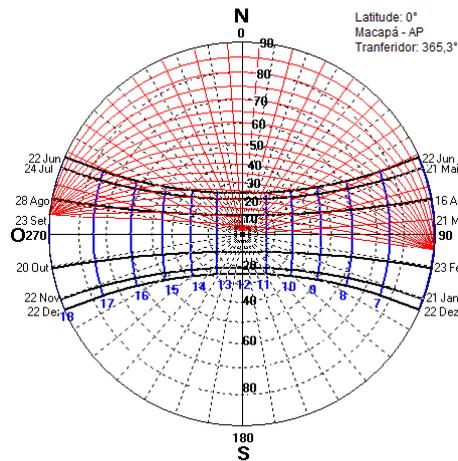


Fonte: Produção dos autores, 2013.

Observou-se que nas orientações norte e sul, as fachadas recebem insolação com duração de 12 horas, das 06h às 18h, (Figura 4.25 e 4.26). Nas fachadas leste e oeste recebem radiação solar intensa todos os dias do ano, em períodos

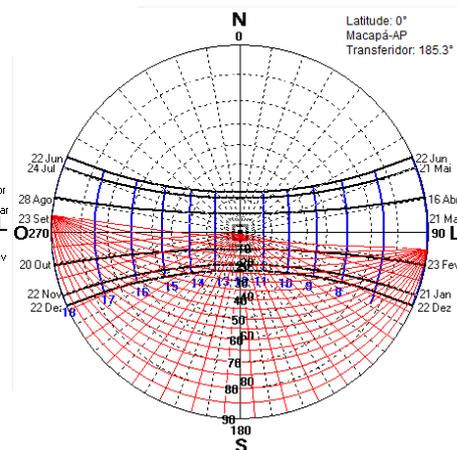
diferentes do dia (Figura 4.27 e 4.28). Constatou-se que na fachada leste da edificação a radiação solar ocorre das 06h às 12h, enquanto que na fachada oeste acontece das 12h às 18h.

Figura 4.25: Períodos de insolação da fachada **NORTE**.



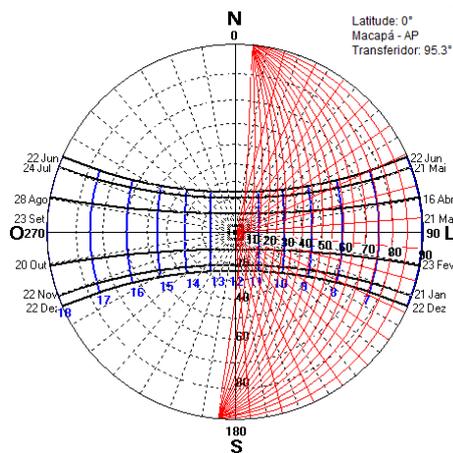
Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.26: Períodos de insolação da fachada **SUL**.



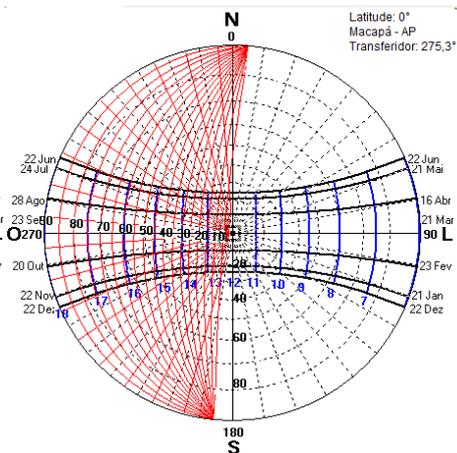
Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.27: Períodos de insolação da fachada **LESTE**.



Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.28: Períodos de insolação da fachada **OESTE**.

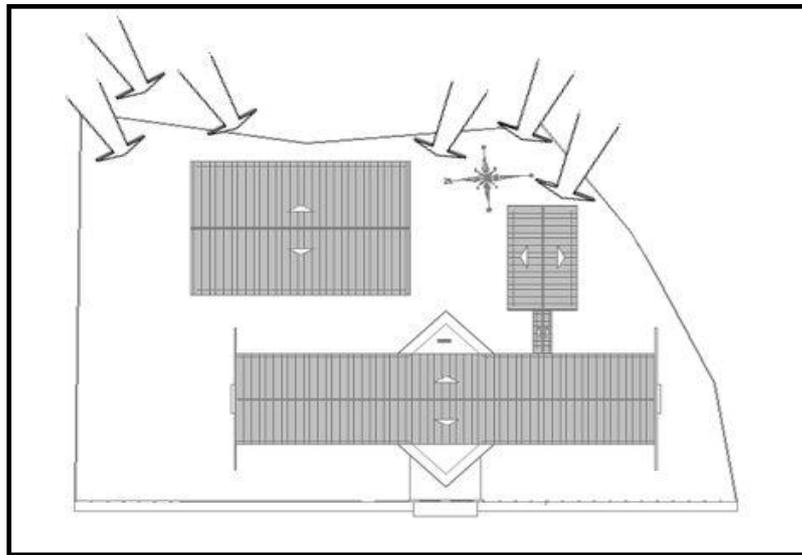


Fonte: Produção dos autores, 2013.

4.1.7.2 VENTILAÇÃO

A ventilação natural é a estratégia mais indicada para promover o conforto térmico quando a temperatura interna se torna elevada, sobretudo nas regiões de clima quente úmido como apontam Frota e Schiffer (2003). A Figura 4.29 apresenta a predominância dos ventos na cidade de Macapá.

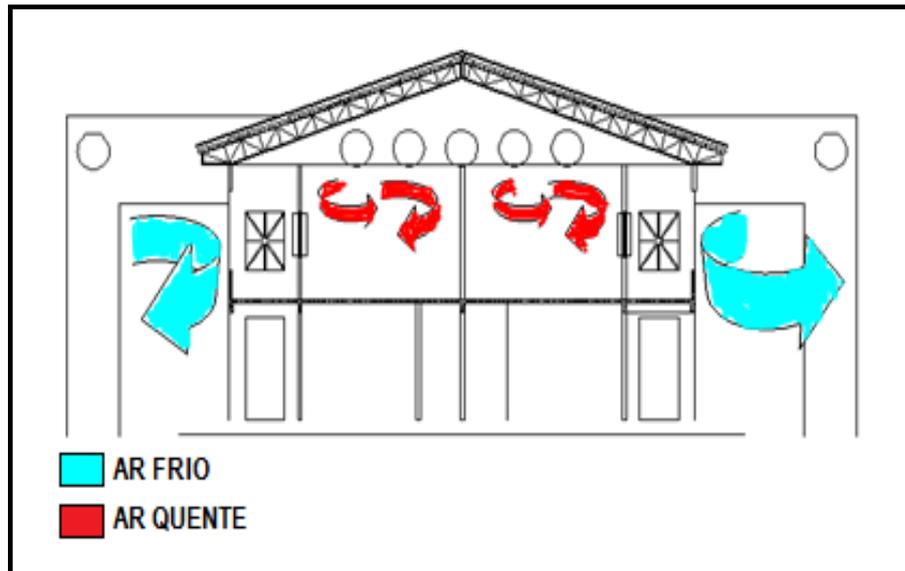
Figura 4.29: Ventos predominantes



Fonte: Produção dos autores, 2013.

Os resultados obtidos mostraram que, para a configuração arquitetônica da escola analisada não atendeu os requisitos da norma, ficando os demais acima do recomendado, não funcionando a ventilação cruzada.

Outro aspecto que justifica os altos valores de temperatura obtidos é a impossibilidade da ventilação cruzada recomendada pela NBR 15.220, em virtude das salas de aula serem geminadas (Figura 4.30) e áreas de aberturas insuficientes para retirar a carga térmica (Tabela 4.5)

Figura 4.30: Ventilação no ambiente

Fonte: Produção dos autores, 2013.

Tabela 4.5: Áreas das aberturas da escola analisada

TIPO	ÁREA	RECOMENDADO (NBR 15.220)
ABERTURAS (PORTA E JANELAS)	5,58 m ²	A ≥ 40%
PISO	48m ²	Da área do piso = 19,2m ²

Fonte: Produção dos autores, 2013.

4.1.7.3 MATERIAIS CONSTRUTIVOS

Em relação aos materiais construtivos adotados, no que se refere à vedação vertical (Figura 4.31), encontram-se em conformidade com os parâmetros exigidos pela NBR 15.220. É importante ressaltar que as propriedades dos materiais contribuem com o conforto térmico, bem como auxilia no isolamento acústico.

Figura 4.31: Propriedade térmica da Alvenaria

VEDAÇÃO VERTICAL				
	U [W/(m ² K)]	F _s	α	φ
<p>argamassa de assentamento 1,5cm argamassa 2,5cm argamassa 2,5cm pintura externa bloco cerâmico 9cm 2,5cm 9cm 14cm 2,5cm</p>	2,59	4,1	0,4	3,3

Fonte: Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas (LabEEE, 2010) adaptada pelos autores (2013).

Com relação à vedação horizontal (figura 4.32), as propriedades dos materiais utilizados atendem aos parâmetros da NBR 15.220, porém a telha cerâmica que compõe esta vedação recebeu pintura envernizadora, descaracterizando a propriedade mais importante da telha, sua permeabilidade.

Figura 4.32: Propriedade térmica da cobertura

VEDAÇÃO HORIZONTAL				
	U [W/(m ² K)]	F _s	α	φ
<p>telha cerâmica câmara de ar forro PVC 1cm</p>	1,75	2,8	0,4	2,54

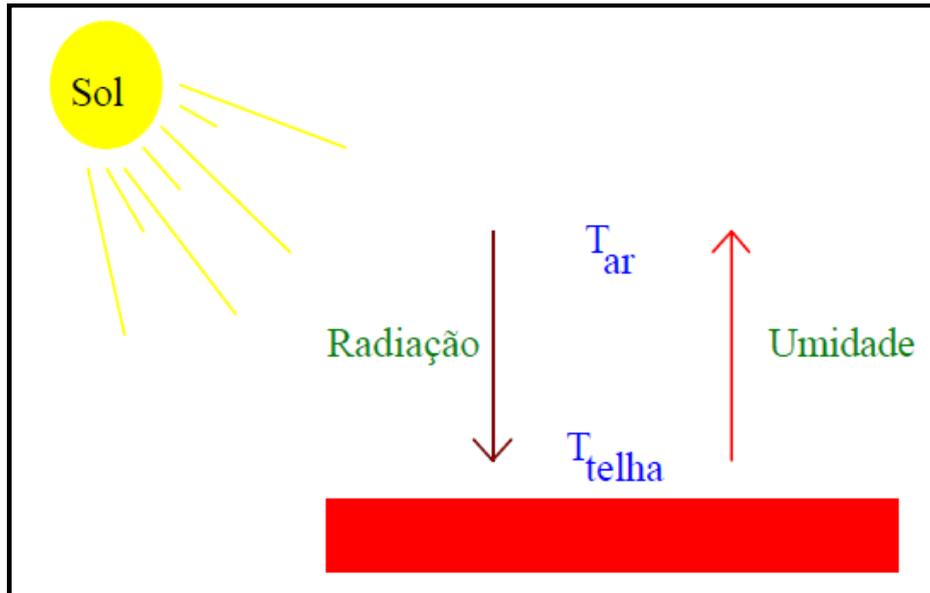
Fonte: Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas (LabEEE, 2010) adaptada pelos autores (2013).

Bueno (1994) analisou tipos de telhas cerâmicas, e sua pesquisa demonstrou que a telha impermeável apresenta valores de temperatura superiores à telha permeável, sendo a primeira atingindo a máxima de 38° e a segunda máxima 28° na região na qual ocorreu o estudo. Segundo Bueno (1994):

O que explica o melhor desempenho térmico da telha permeável (como a telha cerâmica) em relação às impermeáveis é, então, o processo de interação da estrutura porosa da telha com a umidade do ar. (BUENO, 1994, p 23).

Com a radiação solar, a temperatura da telha sobe passando a perder umidade (Figura 4.33).

Figura 4.33: Relação da umidade na telha permeável com a radiação solar.



Fonte: Bueno (1994), adaptada pelos autores (2013).

O projeto analisado utilizou a estratégia estabelecida pela NBR 15.220, para amenizar as cargas térmicas na edificação, a ventilação do ático (Figura 4.34). Vale salientar que esta técnica orienta a passagem de ar por meios de aberturas entre a cobertura e o forro.

Figura 4.34: Ventilação do ático na edificação



Fonte: Bueno (1994), adaptada pelos autores (2013).

Para finalizar, se constatou pontos positivos e negativos a respeito do projeto da Escola analisada. O Edifício não atende todos os parâmetros sugeridos pela NBR 15.220 e possui problemas quanto à implantação e orientação no terreno.

No próximo tópico será apresentada a proposta projetual, análises das soluções adotadas e a justificativa do custo benefício do projeto.

4.2 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

Em virtude dos resultados encontrados na escola analisada, sobre os aspectos do conforto, houve a percepção da necessidade em apresentar uma nova proposta de edificação escolar, a qual atenda os parâmetros estabelecidos pela NBR 15.220, bem como levar em consideração todos os condicionantes do entorno e estratégias bioclimáticas.

A proposta apresentada será implantada no terreno no qual está localizada a escola acima analisada. E ainda, com o intuito de não descaracterizar o que foi exigência para o prédio analisado, será preservado o mesmo programa de necessidade, e com isso possa ser feito a comparação entre a o edifício atual e a proposta.

4.2.1 ESTUDOS PRELIMINARES

Esse estudo tem como objetivo gerar todas as informações pertinentes à elaboração do projeto físico da nova proposta para edificação escolar. Trata-se de um estudo técnico efetuado para determinar a viabilidade projetual e buscar a melhor solução para o partido arquitetônico, a partir de: dados legais que normatizem esse tipo de edificação, critério de uso e ocupação do solo, dados levantados no programa físico-funcional da escola, eventuais condicionantes dos entes envolvidos e demais elementos existentes acerca do problema. Visa ainda à análise e escolha, dentre as alternativas de solução, que melhor responda a eficiência energética, ao conforto térmico e aos objetivos propostos.

4.2.2 PRÉ-DIMENSIONAMENTO

Para o pré-dimensionamento levou-se em consideração o mobiliário existente em cada ambiente e o espaço entre esses, necessário para a circulação, levando em conta a Norma Brasileira 9050 - Acessibilidade a Edificações, Mobiliários, Espaços e Equipamentos Urbanos. Os resultados das áreas estão presentes no Quadro 4.7. São áreas estimadas de acordo com o programa de necessidade da escola estudada.

Quadro 4.7 - Programa de necessidade e pré-dimensionamento da proposta

PROGRAMA DE NECESSIDADE			PRÉ-DIMENSIONAMENTO				
SETOR	AMBIENTE	ATIVIDADES	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA TOTAL (m ²)
				COMP (m)	LARG. (m)	ÁREA (M ²)	
Administrativo	Sala da direção	Atendimento ao público e atividade administrativa	1	6,00	5,80	34,80	34,80
	Secretaria	Atendimento ao público e atividade administrativa	1	9,15	6,50	59,48	59,48
	Sala de arquivo	Arquivar documentos	1	3,35	2,55	8,54	8,54
	Sala de reunião	Reunião pedagógica	1	6,70	3,90	26,13	26,13
	Sala dos professores	Permanência dos professores	1	6,70	6,00	40,20	40,20
	Lavabos		3	1,70	1,20	2,04	6,12
Vivência e Assistência	Biblioteca	Sala de estudo e leitura	1	12,00	12,00	144,00	144,00
	Coordenação pedagógica	Coordenar e orientar	1	6,70	5,00	33,50	33,50
	Quadra Poliesportiva	Destinado à prática de esportes	1	31,00	20,00	620,00	620,00
	Pátio coberto	Espaços para atividades externas	2	66,70	12,40	827,08	1654,16
	Pátio descoberto	Espaços para atividades externas	1	22,50	10,00	225,00	225,00

	Hall de entrada	Entrada e saída de alunos e demais público	1	21,40	12,00	256,80	256,80
	Refeitório	Destinado às refeições	1	16,70	13,30	222,11	222,11
	Sala do professor de Ed. física	Permanência do professor	1	3,65	2,45	8,94	8,94
	Vestiário		2	9,85	3,65	35,95	71,91
	Lavabo		1	1,70	1,20	2,04	2,04
Pedagógico	Sala de aula	Destinada ao aprendizado	16	8,00	6,70	53,60	857,60
	Sala de informática	Destinada ao aprendizado em informática	1	8,00	7,60	60,80	60,80
	Sala multimídia/auditório	Espaço para palestras e projeção de vídeo	1	13,40	10,00	134,00	134,00
	Lavabo		1	1,70	1,20	2,04	2,04
Serviço	Copa/cozinha	Destinada para preparação de alimentos	1	9,90	5,62	55,64	55,64
	Dispensa	Depósito de alimentos	1	4,90	1,95	9,56	9,56
	Dispensa de congelados	Depósito de alimentos congelados	1	3,60	1,95	7,02	7,02
	Dispensa de limpeza	Depósito de material de limpeza	1	2,65	1,95	5,17	5,17
	Depósito de equipamento	Depósito de material e equipamento	1	3,35	2,55	8,54	8,54
	lavabo		1	1,35	1,95	2,63	2,63
					TOTAL		

Fonte: Produção dos autores, 2013.

4.2.3 FUNCIONOGRAMA E FLUXOGRAMA

Faz-se necessário a apresentação do funcionamento dos ambientes para melhor compreensão das disposições dos ambientes em relação a suas ligações

(Figura 4.35). Neves (2005) salienta que o funcionograma diz o grau de afinidade das ligações existentes entre os elementos do programa.

Figura 4.35: Funcionograma da proposta



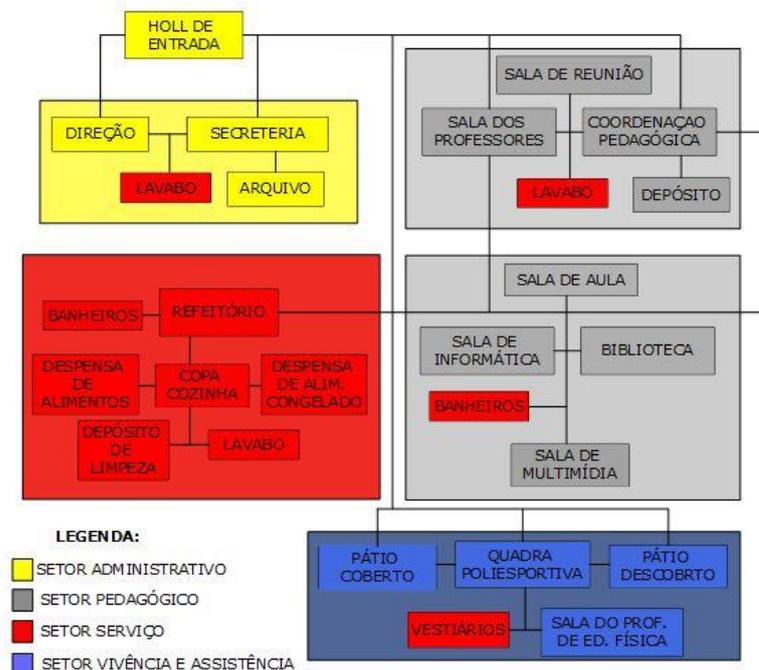
LEGENDA:

- SETOR ADMINISTRATIVO
- SETOR PEDAGÓGICO
- SETOR SERVIÇO
- SETOR VIVÊNCIA E ASSISTÊNCIA

Fonte: Produção dos autores, 2013.

Para melhor entendimento do fluxo de pessoas na edificação elaborou-se um fluxograma (figura 4.36). Apresentando a disposição dos ambientes no edifício e no terreno e a disposição da circulação.

Figura 4.36: Fluxograma da proposta



LEGENDA:

- SETOR ADMINISTRATIVO
- SETOR PEDAGÓGICO
- SETOR SERVIÇO
- SETOR VIVÊNCIA E ASSISTÊNCIA

Fonte: Produção dos autores, 2013.

4.2.4 ESCOLHA DO PARTIDO

Nas recomendações do Ministério da educação, Cortez (2002) indica que a forma ideal do prédio escolar deve atender as características de cada região climática, criando condições para o conforto físico dos usuários, adaptando-se à topografia e integrando o ambiente escolar com a paisagem local.

O partido foi concebido mediante os estudos teóricos de estratégias bioclimáticas, buscando a melhor orientação do edifício no terreno, priorizando a ventilação e diminuindo a superfície exposta à insolação.

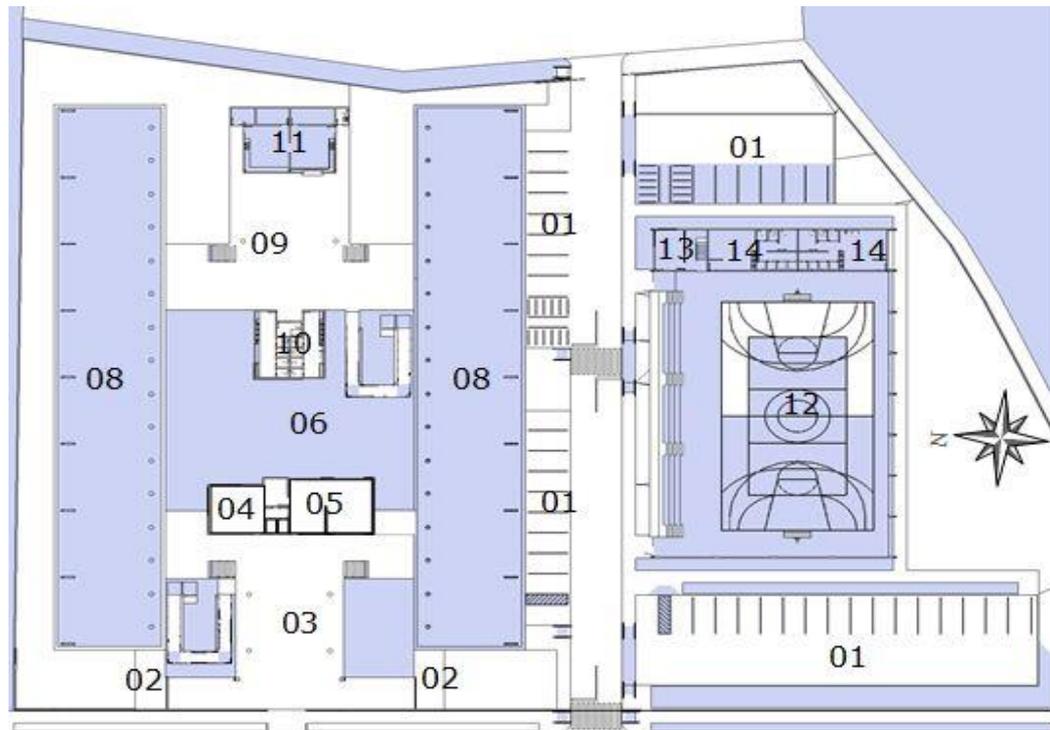
A forma da edificação deve respeitar a orientação solar mais favorável ao local. Antes de projetar os espaços do empreendimento, deve-se analisar as condições da orientação solar do terreno, conforme análise qualitativas e quantitativas dos lotes. (Lamberts, R; Dutra, L; Pereira, F.O, 2004)

O partido é composto por pavimento superior e térreo, dividido em 2 blocos principais enfileirados e voltados para corredores laterais, como recomenda Kowaltowski (2011), para região com clima quente úmido. E ambos ficam sob pilotis, criando amplos espaços de vivência no térreo, dando ao edifício ares de leveza e modernidade, sem falar na possibilidade de contemplação do entorno e da ventilação do piso, uma das estratégias de conforto, recomendada pela norma Brasileira 15220. A exigência com maior eficiência de conforto nesses dois blocos se dá por que esses terão a função de acomodarão os espaços com maior carga térmica, as salas de aula.

Como elemento de ligação criou-se outros 2 blocos centrais, os quais acomodam, no térreo: o setor administrativo (direção e secretaria), hall de entrada e o setor de serviço (refeitório, copa/cozinha e banheiros) e no pavimento superior: encontram-se a sala dos professores, coordenação pedagógica, sala de reunião, biblioteca, sala de informática, sala de multimídia e banheiros. Esses blocos estão posicionados estrategicamente entre os dois blocos principais, dispostos de tal forma que possam interagir com o pátio e jardins internos.

No pavimento térreo está localizada, os estacionamentos (1) Direção (4), Secretária (5), Refeitório (9), Pátio Coberto (8) Hall de entrada (3), Bicicletários (2) e Banheiros (10) (Figura 4.37).

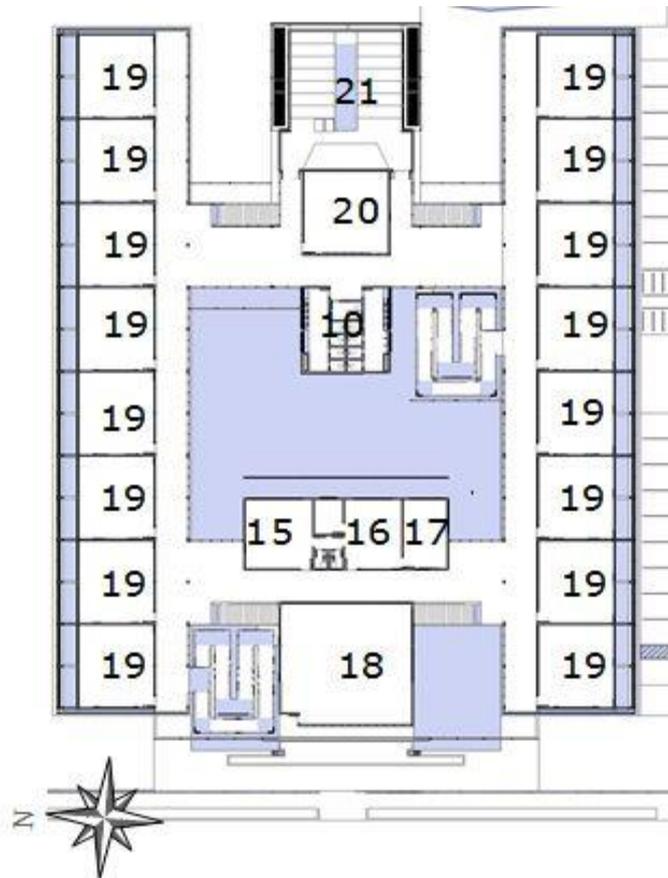
Figura 4.37: Partido arquitetônico do pavimento térreo



Fonte: Produção dos autores, 2013.

No pavimento superior estão locadas 16 salas (19). E para favorecer a setorização estão localizados nos blocos centrais a Coordenação pedagógica (15), Sala de professores (16), Sala de Reunião (17), Sala multimídia (21) Biblioteca (18), Sala de aula (19) e Sala de informática (20) e banheiros similares aos do pavimento térreo. (Figura 4.38)

Figura 4.38: Partido arquitetônico do pavimento superior



Fonte: Produção dos autores, 2013.

4.2.5 SETORIZAÇÃO

Segundo Neves (1998) a setorização é categorização das funções, divididas por atividades relacionadas e que se ligam entre si através de estratégias e afinidades funcionais entre setores.

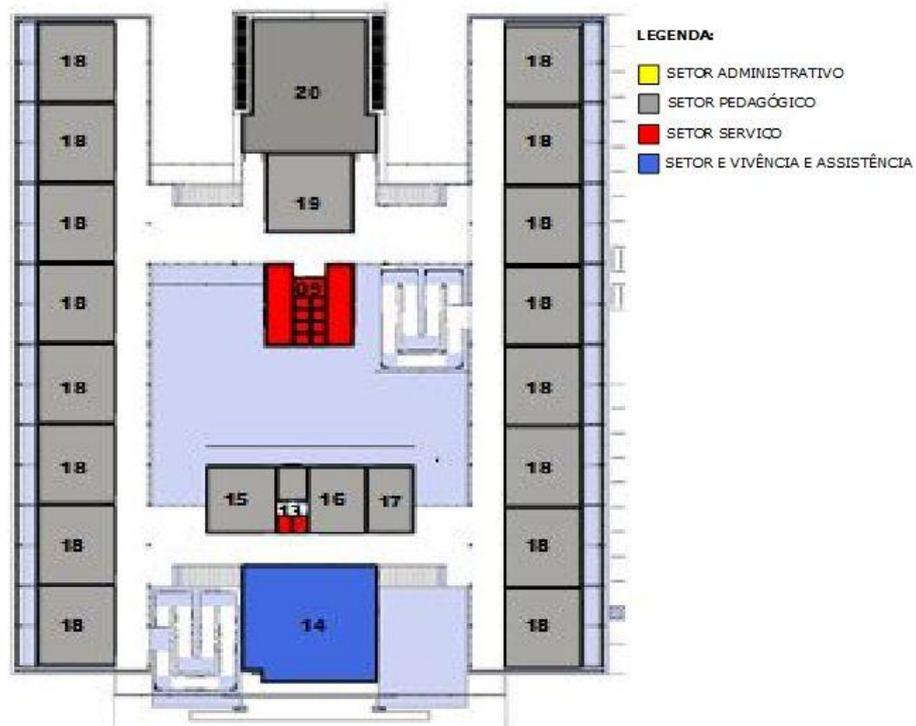
Os setores desta proposta dividem-se da seguinte forma: setor pedagógico, setor de vivência e assistência, setor administrativo e setor de serviços como apresenta as Figuras 4.39 e 4.40.

Figura 4.39: Setorização do pavimento térreo



Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.40: Setorização do pavimento superior



Fonte: Produção dos autores, 2013.

4.2.6 VOLUMETRIA

O primeiro estudo da proposta surgiu da percepção da necessidade do bairro, seu volume se deu através de observações da arquitetura local, a forma do telhado foi inspirada nas residências do entorno, nas quais em maioria são casas de madeira tipo Bandola (figura 4.41). Cujas características são: telhado lateral em uma água, piso elevado e janelas com venezianas (Figuras 4.42 e 4.43).

Figura 4.41: primeiros estudos volumétricos

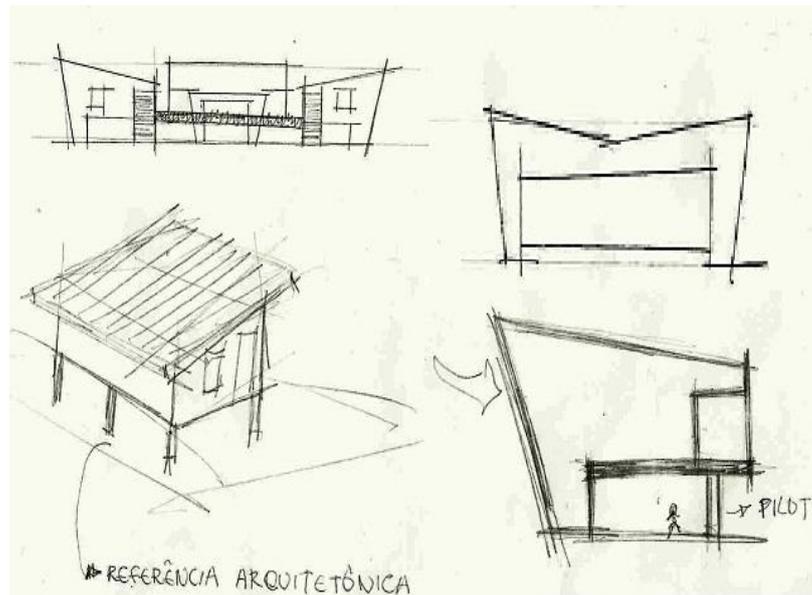


Figura 4.42: Residência do entorno



Fonte: Acervo Pessoal, 2013.

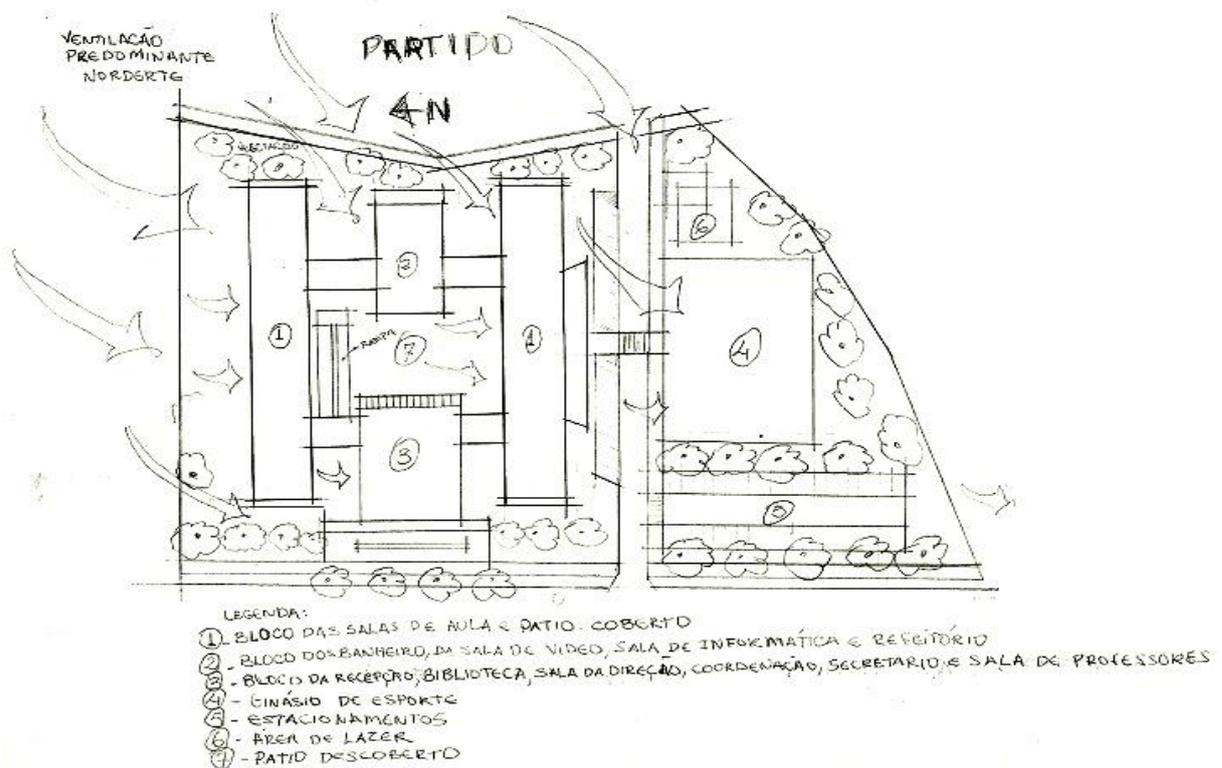
Figura 4.3: Residência do entorno



Fonte: Acervo Pessoal, 2013.

O volume da proposta apresenta, em sua composição, alguns elementos tipicamente modernos: edificação sobre pilotis, volumes de geometria simples, horizontalidade, presença de *Brises-soleils* e utilização de vidro e do concreto. No entanto, a utilização dos materiais construtivos tecnológicos compõe o estilo contemporâneo (Figura 4.45).

Figura 4.45: Croqui do partido arquitetônico da proposta



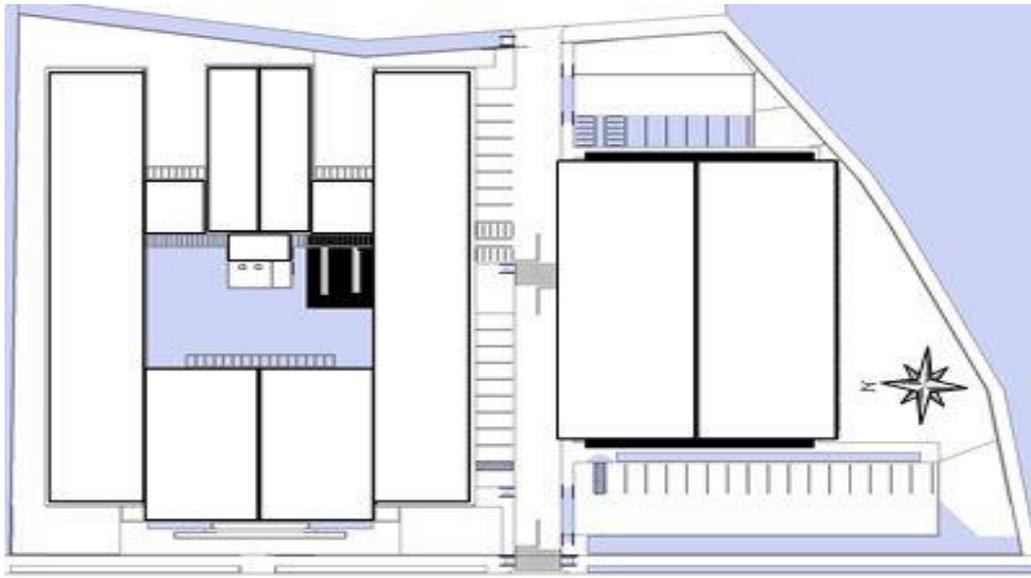
Fonte: Produção dos autores, 2013.

4.3 ANÁLISE DA PROPOSTA PROJETOAL DE ACORDO COM A NORMA BRASILEIRA 15.220.

4.3.1 ORIENTAÇÃO E INSOLAÇÃO

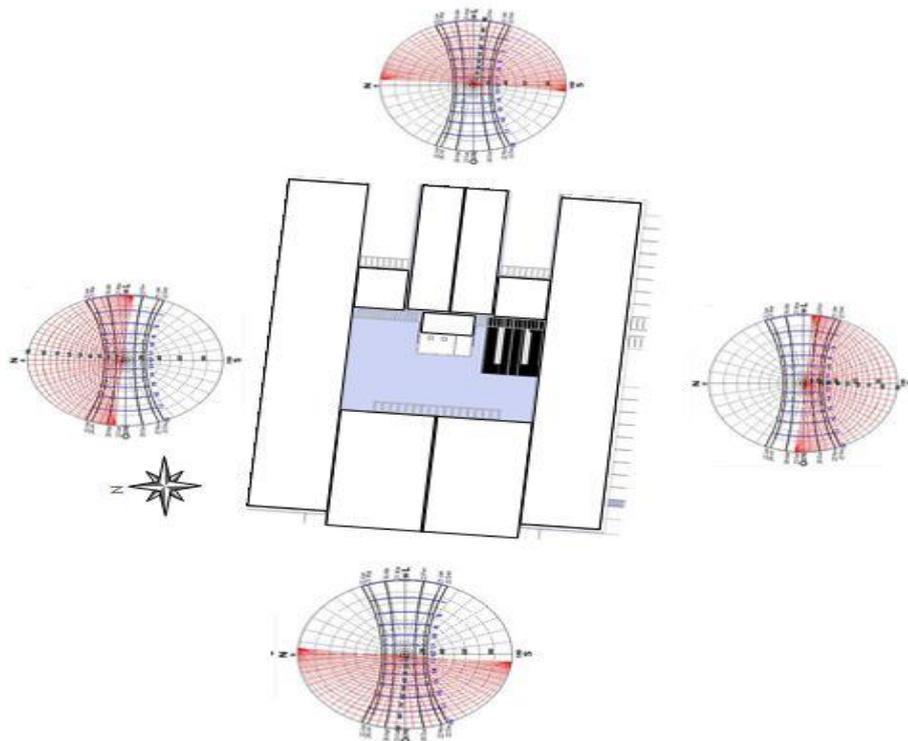
As maiores fachadas foram orientadas a Norte e Sul, seguindo recomendações da bibliografia da especialidade e com base em estudos do terreno. Utilizou-se a orientação adequada para evitar maior insolação nestas fachadas e conseqüentemente diminuir o custo com tratamento nas vedações verticais (Figuras 4.46 e 4.47).

Figura 4.46: Orientação da proposta



Fonte: Produção dos autores, 2013.

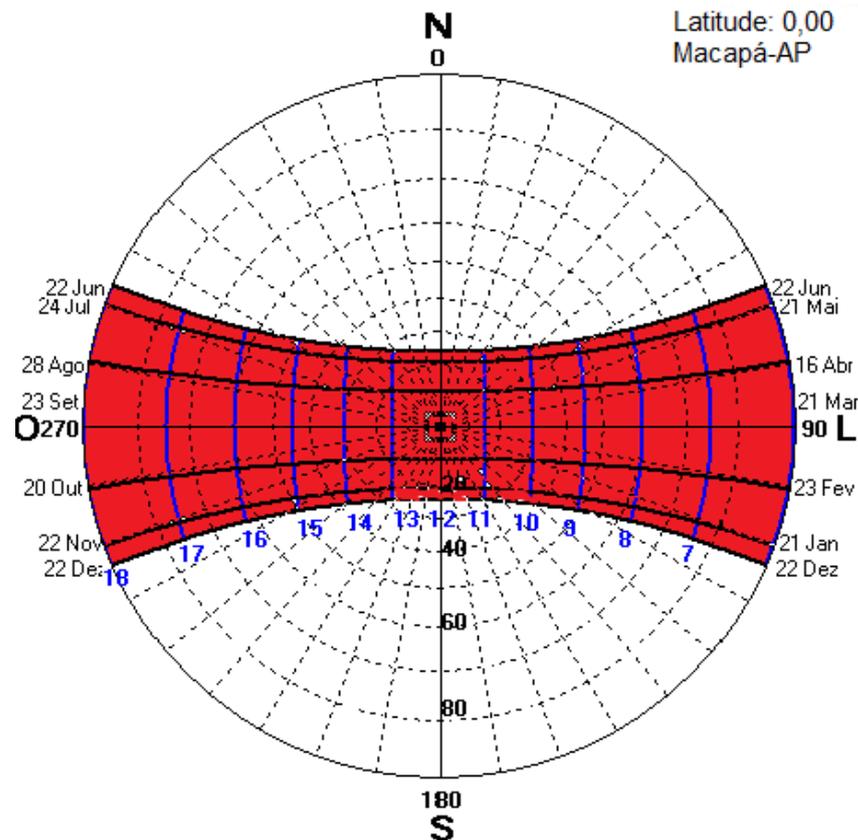
Figura 4.47: Período de insolação nas Fachadas.



Fonte: Produção dos autores, 2013.

Sabe-se que durante o ano todo, a cobertura da edificação recebe intensa radiação solar (Figura 4.48), sendo assim, utilizam-se estratégias para amenizar a carga térmica que vem do telhado. Logo, devem ser expressas pelo mínimo de aberturas.

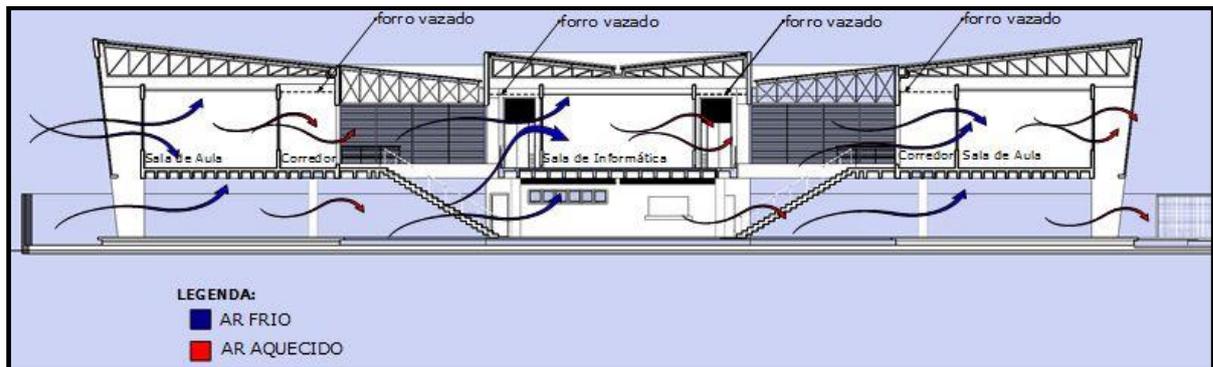
Figura 4.48: Insolação da cobertura



Fonte: Produção dos autores, 2013.

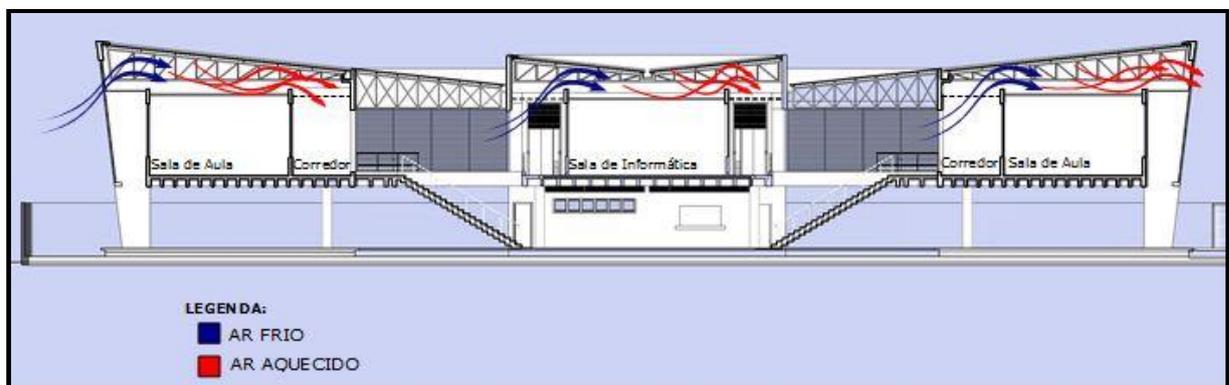
4.3.2 VENTILAÇÃO

Uma das estratégias aplicada ao projeto foi à ventilação cruzada permanente (Figura 4.49), que promove a retirada de calor, para manter a temperatura agradável no interior do ambiente. Utilizaram-se grandes aberturas nos ambientes, em paredes opostas, o que propiciará o conforto térmico dos usuários, diminuindo a umidade do ar e acelerando as trocas térmicas.

Figura 4.49: Ventilação Passiva

Fonte: Produção dos autores, 2013.

Na cobertura adotou-se a ventilação do ático (Figura 4.50). A circulação do ar é feita através das aberturas entre o forro e o telhado, evitando o superaquecimento dos ambientes no interior da edificação.

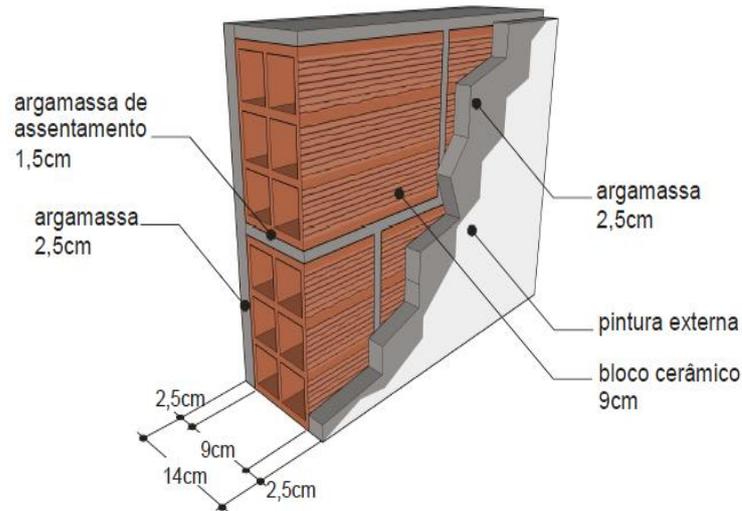
Figura 4.50: Ventilação no teto

Fonte: Produção dos autores, 2013.

4.3.3 MATERIAIS E TECNOLIAS CONSTRUTIVOS ADOTADOS

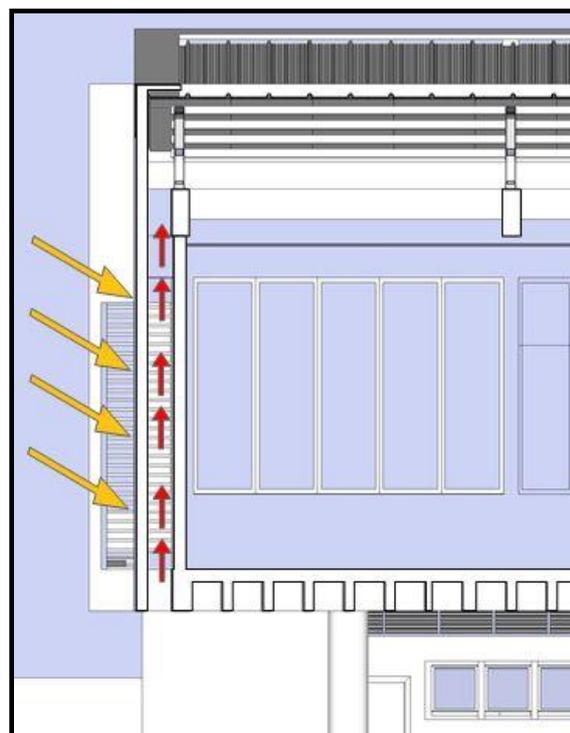
As vedações verticais são os elementos construtivos que promovem a compartimentação dos ambientes e a proteção do interior do edifício dos meios exteriores hostis, tais como: insolação, chuva, umidade, ventos excessivos e ruídos.

Na proposta foram utilizados os mesmos materiais de vedações verticais do edifício existente, uma vez que se mostraram eficiente no que se refere aos índices térmicos. Serão utilizados blocos cerâmicos vazados, argamassa e pintura em cores claras para as paredes externas (Figura 4.51)

Figura 4.51: Vedação Vertical

Fonte: Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas (LabEEEE, 2010)

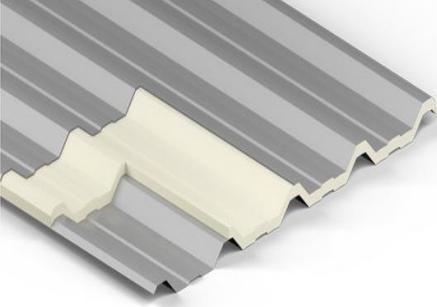
A estratégia utilizada para proteção das fachadas leste oeste é a fachada ventilada, as quais apresentam maior rigor térmico. Essa tecnologia assegura ao edifício um elevado conforto térmico, graças à câmara de ventilação natural, colocada entre as estruturas de parede. Por diferença térmica, produz-se no vão o movimento ascendente do ar que melhora o isolamento térmico do edifício (Figura 4.52)

Figura 4.52: Fachada Ventilada

Fonte: Produção dos autores, 2013.

Na cobertura foi empregada telha termo-acústica trapezoidal de aço galvanizado, fabricada no sistema "sanduiche" (telha + isolante + telha). Este material utiliza poliuretano como isolante com uma camada de 30mm de espessura. Tais telhas são uma solução ideal para coberturas onde se desejam conforto térmico e acústico, e é indicado para regiões com elevada concentração de umidade do ar, haja vista que evita o gotejamento que ocorre com a condensação da umidade interna em contato com a cobertura aquecida em ação do sol. Em conjunto com estratégias de ventilação cruzada torna mínimo o uso de equipamentos de refrigeração, minimizando o consumo de energia elétrica. Além disso, suas propriedades atendem aos parâmetros sugeridos pela NBR 15.220 (Figura 4.51).

Figura 4.53: Propriedade térmica da cobertura

VEDAÇÃO HORIZONTAL				
	U [W/(m²K)]	Fs	α	φ
	0,66	2,64	0,40	1,02

Fonte: Catálogo do fabricante, adaptada pelos autores (2013).

As aberturas dos blocos de salas de aula foram projetadas para proporcionar ventilação cruzada, uma vez que foram posicionadas em faces opostas para promover a entrada e saída do ar por convecção (Figura 4.54).

Figura 4.54: Esquema da ventilação utilizada



Fonte: Produção dos autores, 2013.

As aberturas das salas de aulas atendem à Norma Brasileira 15220, a qual recomenda que as mesmas devam ser maior ou igual a 40% da área do piso como apresentado na Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Áreas das aberturas da proposta

TIPO	ÁREA	RECOMENDADO (NBR 15.220)
ABERTURAS (PORTA E JANELAS)	34,68m ²	A ≥ 40% Da área do piso = 21,44m ²
PISO	53,6 m ²	

Fonte: Produção dos autores, 2013.

Os *Brisés Soleil* são elementos de controle solar usados para a proteção das aberturas contra a insolação direta. A proteção da insolação direta é uma das principais estratégias para melhoria do desempenho térmico das edificações, haja vista, que a incidência dos raios solares diretamente nos interiores dos ambientes afeta o conforto térmico dos usuários, principalmente nas cidades com maior rigor térmico. Neste sentido a utilização do *brises*, no local em que se pretende implantar a nova proposta, se faz necessário.

Para o dimensionamento dos *brises* foram realizados cálculos no programa *Brise BR 2011*. As figuras 4.55 e 4.56 mostram os períodos do ano com incidência de sol nas fachadas norte e sul, do prédio principal, sem os *brises*.

Figura 4.55: insolação na fachada norte

Figura 4.56: insolação na fachada sul



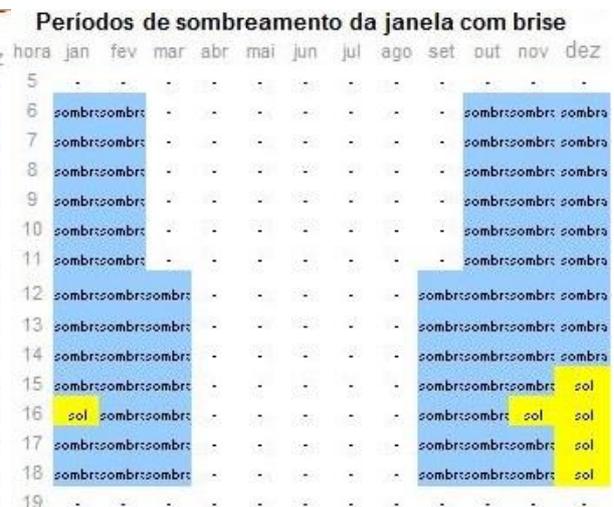
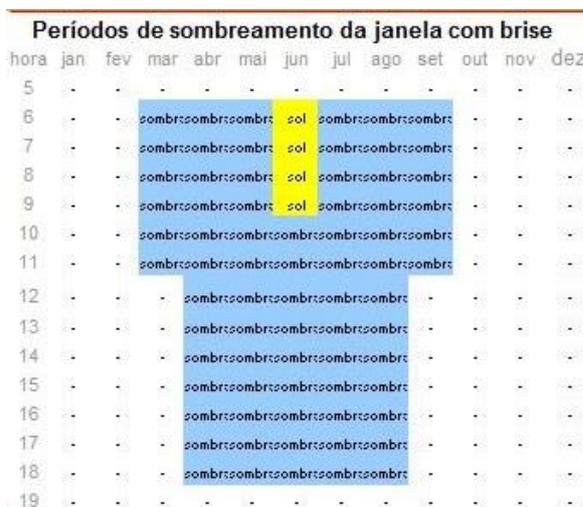
Fonte: produção dos autores, 2013, a partir do programa fachada.

Fonte: produção dos autores, 2013, a partir do programa fachada.

Com o intuito de melhorar as condições térmicas dessas fachadas, projetou-se *brises* horizontais e verticais, no qual se resultou em uma maior proteção das referidas fachadas, como pode ser vista nas figuras 4.57 e 4.58, resultado do programa *Brise BR 2011*.

Figura 4.57: sombreamento na fachada norte

Figura 4.58: sombreamento na fachada sul

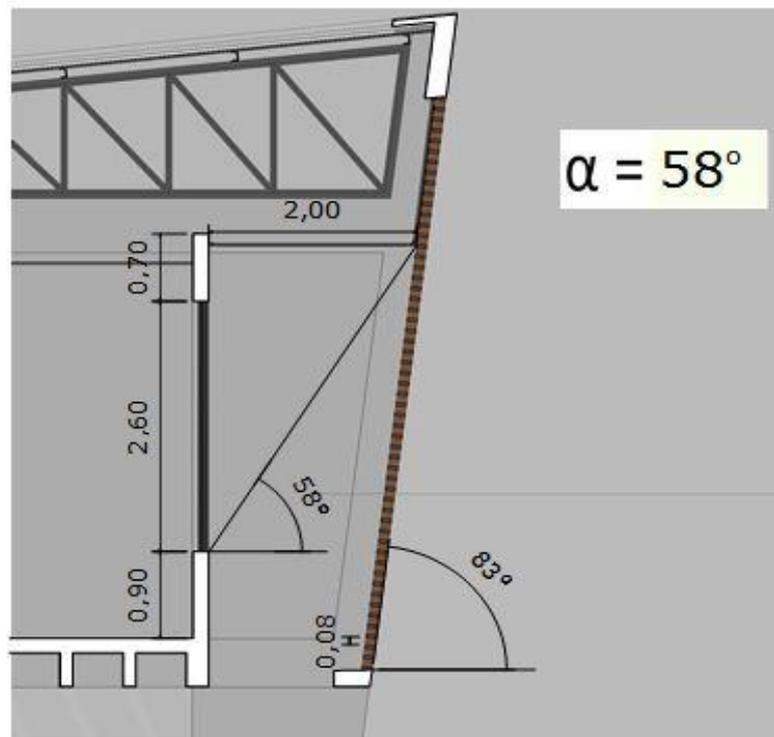


Fonte: produção dos autores, 2013, a partir do programa fachada.

Fonte: produção dos autores, 2013, a partir do programa fachada.

O resultado acima foi obtido com a concepção de beirais e *brises* laterais, como é possível verificar nas figuras 4.59 e 4.60. Esses dispositivos foram projetados para proteger as aberturas da insolação direta nos horários mais quentes do dia, de 9h até às 15h, porém, na fachada norte, verificou-se ainda que no mês de junho nos horários das 6h às 9h haverá insolação e na fachada sul, nos meses de janeiro e novembro às 16h e no mês de dezembro das 15h às 18h.

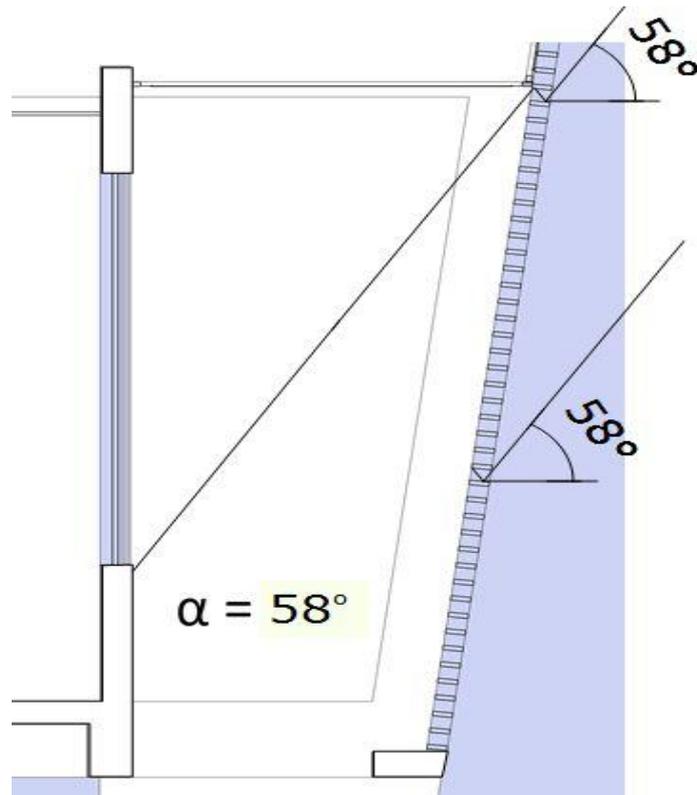
Figura 4.59: Dimensionamento dos *brises*



Fonte: Produção dos autores, 2013.

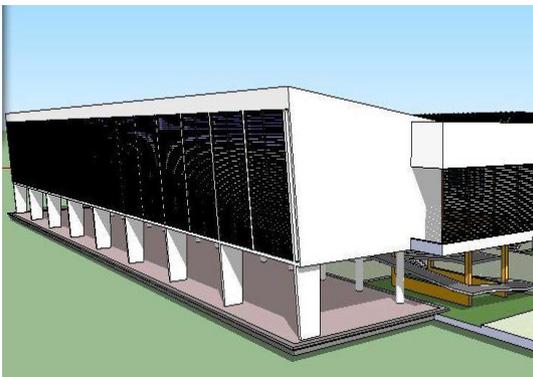
Para proteger totalmente as aberturas (janela) e paredes das fachadas norte e sul do prédio principal projetou-se *brises* fixos horizontais em madeira tipo Angelim vermelho tratadas por um sistema de base com hidrocélulose sobre o qual é aplicado um vedamento e um verniz semi-brilhante para finalização, com o objetivo de proteger as referidas fachadas da insolação direta, sem bloquear a passagem de ventilação no ambiente interno, como mostram as Figuras 4.61 e 4.62

Figura 4.60: dimensionamento do brise



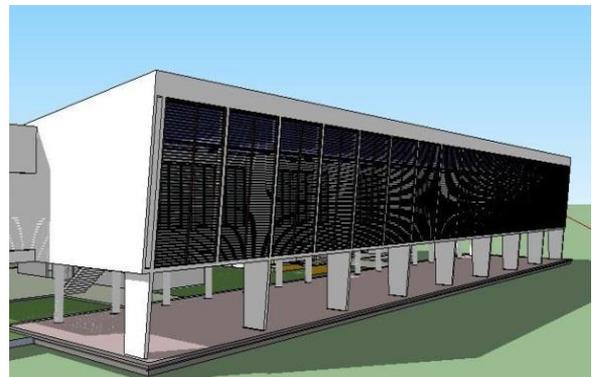
Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.61: Brises fachada norte



Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.62: Brises fachada sul



Fonte: Produção dos autores, 2013.

4.3.4 ANÁLISE DO CONFORTO

Para a análise de conforto aplicou-se o método CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Batiment*- de Paris), apresentado por Borel (1967) e Croiset (1972), buscando os índices de conforto sugeridos por Givoni (1992). Apresentam-se nesse tópico, os dados relacionados aos cálculos para análise da proposta. A Tabela 4.7 mostra dados climáticos da cidade de Macapá para o dia 20 de outubro.

Tabela 4.7: Dados climáticos utilizados

Símbolo	Descrição	Valor
T _{máx}	Temperatura máxima no mês (média)	32,6°C
T _{mín}	Temperatura mínima no mês (média)	23,5°C
Urel	Umidade Relativa do ar (média)	76%

Fonte: Produção dos autores, 2013.

O ambiente escolhido para fazer a análise do desempenho térmico pelo método CSTB foi à sala de aula localizada no pavimento superior como mostra a Figura 4.63.

Figura 4.63: Cenário escolhido – sala de aula



Fonte: Produção dos autores, 2013.

A Tabela 4.8 apresenta dados do ambiente de estudo, o pé direito possui 3,80 metros de altura e aberturas para a fachada Norte.

Tabela 4.8: Características dos Materiais Utilizados para Tratamento Térmico

Características dos materiais							
Local	Material	e (m)	h (m)	k (W/m°C)	d (kg/m ³)	α	Str
Janela	Vidro com proteção externa	0,003	2,60	1	-	-	0,25
Parede norte	Alvenaria: bloco cerâmico	0,09	3,80	2,56	1700	0,4	-
	Argamassa	0,02	-	0,85	1600	0,2	-
Fachada Ventilada (oeste)	Mesmo material da parede norte e câmara de ar ventilada	0,25	3,80	0,72	1700	0,4	-
Brise	Persiana Externa madeira.	0,03	4,00	0,12	-	0,7	-
Cobertura	Telha termoacústica de poliuretano	0,03	-	0,66	36	0,15	-

Fonte: Produção dos autores, 2013.

A tabela 4.9 abaixo mostra os ganhos de radiação solar incidentes sobre o ambiente escolhido de 07h às 17h. Observou-se que às 13h encontra-se o maior valor da radiação incidente de 534,6 W.

Tabela 4.9: Dados de Radiação Solar Incidente (I_g) sobre Planos Verticais e Horizontais (W/m²). Latitude: 0°. Fachada Norte e Oeste da proposta

Hora	Fachada Norte			Fachada Oeste		Cobertura		Total (W)
	I _g (W/m ²)	Janela (2 m ²)	Parede (18 m ²)	I _g (W/m ²)	0,1*I _g	I _g (W/m ²)	0,21*I _g	
7h	25	123,5	4,13	25	2,7	179	38,0	168,4
8h	38	187,72	6,28	38	4,2	440	93,4	291,6
9h	47	232,18	7,77	47	5,2	682	144,8	389,9
10h	53	261,82	8,76	53	5,8	869	184,5	460,9
11h	57	281,58	9,42	57	6,3	996	211,6	508,7
12h	58	286,52	9,59	58	6,4	1044	221,6	524,1
13h	57	281,82	9,42	293	32,2	996	211,4	534,6
14h	53	261,82	8,76	494	54,3	869	184,5	509,4
15h	47	232,18	7,77	636	70,0	682	144,8	454,7
16h	38	187,72	6,28	669	73,6	440	93,4	361,0
17h	25	123,5	4,13	510	56,1	179	38,0	221,7

Fonte: Gonçalves(32) e LNEC

Para ser encontrado o total de ganhos de calor do ambiente somaram-se todos os ganhos que as fachadas (Norte e Oeste) podem receber. Em seguida subtraiu-se o total de ganhos de calor pelo total de perdas de calor para descobrir a variação de temperatura no ambiente para calcular o resultado da temperatura máxima do ambiente no dia e no horário supracitado. A temperatura interna máxima encontrada foi de 23,78°, conforme exposto na Tabela 4.10. A Tabela 4.11 apresenta os ganhos e perdas de calor.

Tabela 4.10: Somatória dos ganhos e perdas de calor Dados climáticos

Ganhos e Perdas de calor	Símbolo	Valor	Unidade
Ganhos Devidos à ocupação humana	$Q_{ocup.}$	961	W
Ganhos Devidos à iluminação artificial	$Q_{ilum.}$	192	W
Ganhos Devido à radiação direta	I_g	534,6	W
Ganhos totais	Q	1687,6	W
Perdas de calor pela ventilação		1782,2	W
CSTB – Temp. interna	T_{imax}	23,78	°C

Fonte: Produção dos autores, 2013.

Tabela 4.11: - Avaliação dos ganhos e perdas de cargas térmicas e da inércia

Item	Símbolo	Valor	Unidade
Total De Ganhos De Calor:	Q_{total}	1687,6	W
Total De Perdas De Calor:	Q'_{total}	1983,0128	$_{-}t (W)$
Avaliação da Inércia	m	0,6	-

Fonte: Produção dos autores, 2013.

A tabela 4.12 mostra que a configuração das escolas com requisitos sugeridos pela NBR 15220/3.

Tabela 4.12: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa

Diretrizes bioclimáticas para zona - 08		Escola implantada	Proposta
Sombreamento das aberturas	Sombrear aberturas	Não sombreada	Sombreada
Tamanho das aberturas	$A \geq 40\%$ da área do piso	6,88%	64,70
Paredes Externas	Leve Refletora $U \leq 3,60 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U = 2,59 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U = 2,59 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Coberturas	Leve Refletora $U \leq 2,30 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U = 1,75 \text{ W/m}^2.\text{°C}$	$U = 0,66 \text{ W/m}^2.\text{°C}$
Estratégia para condicionamento Passivo	Ventilação cruzada	Não há	Ventilação cruzada

Fonte: produção dos autores, 2013. Adaptado Norma

Além disso, o edifício atende aos pré-requisitos (Quadro 4.8) da envoltória para obtenção de classificação Nível A (Figura 4.64) para edifícios públicos, determinados pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Públicos (RTQ-C).

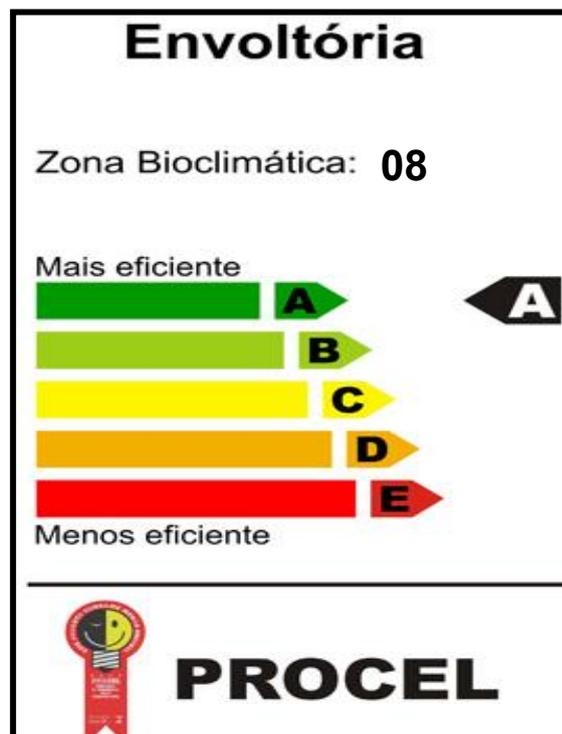
Quadro 4.8: Diretrizes para a obtenção de classificação NÍVEL A para edifícios comerciais, de serviço e públicos, conforme portaria INMETRO n° 372 / 2010 e Portaria Complementar 17/2012.

Envoltória (EqNumEnv)						
Pré-requisitos específicos da envoltória:						
1	Transmitância térmica [W/(m ² K)]	Paredes externas	Cobertura			
			(ambientes condicionados artificialmente)	(ambiente não condicionados artificialmente)		
		U ≤ 2,50 (CT ≤ 80 kJ/m ² K); U ≤ 3,7 (CT > 80 kJ/m ² K)	U ≤ 1,00	U ≤ 2,00		
2	Cores e absorvância de superfícies (adimensional)	α ≤ 0,50		α ≤ 0,50*		
3	Iluminação Zenital (PAZ ≤ 5%)	PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
		FS	0,87	0,67	0,52	0,3

* Cobertura deverá ter absorvância solar ≤ 0,50, telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água.

Fonte: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, serviço e Públicos, 2001.

Figura 4.64: Etiqueta Nível A - Envoltória



Fonte: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, serviço e Públicos, 2001.

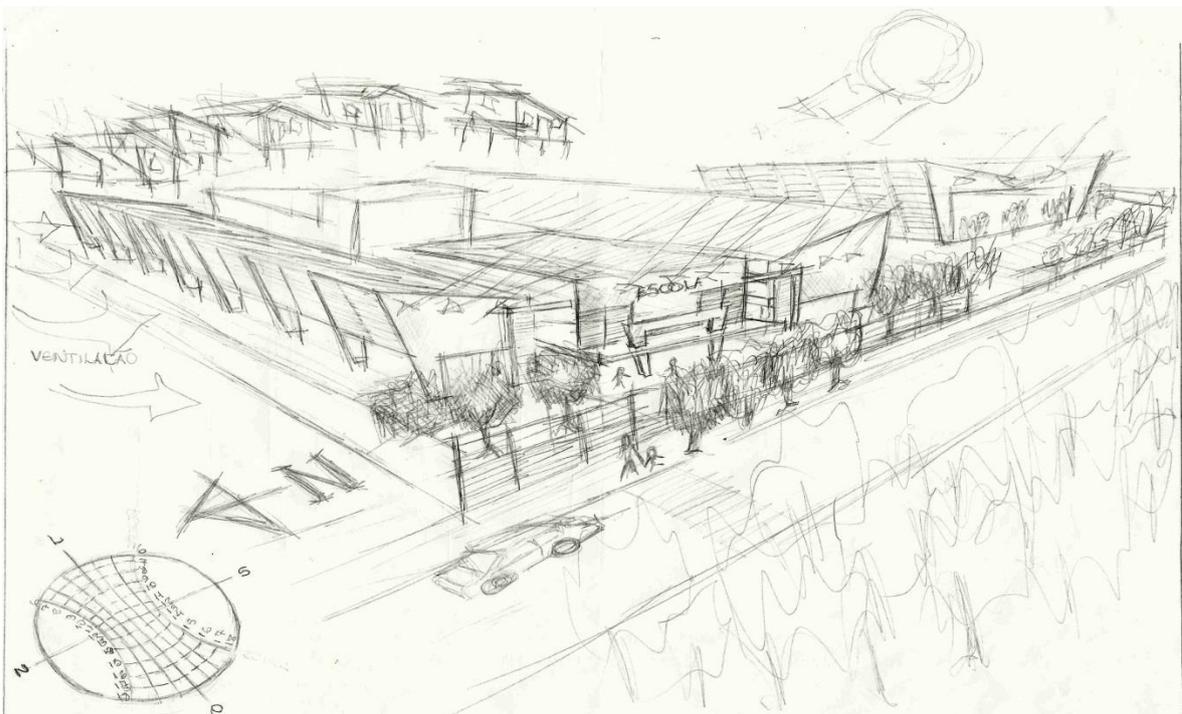
A eficácia da envoltória é definida como a relação entre os resultados obtidos e os resultados desejados ou previstos, sem levar em conta os recursos utilizados. Figueiredo (2005) evidencia que ser eficaz é fazer com que um trabalho atinja plenamente os resultados esperados

O Projeto proposto atinge os índices de conforto, bem como atende aos pré-requisitos da envoltória de acordo com os parâmetros sugeridos pela NBR 15220/3.

4.4 APRESENTAÇÃO PROJETUAL

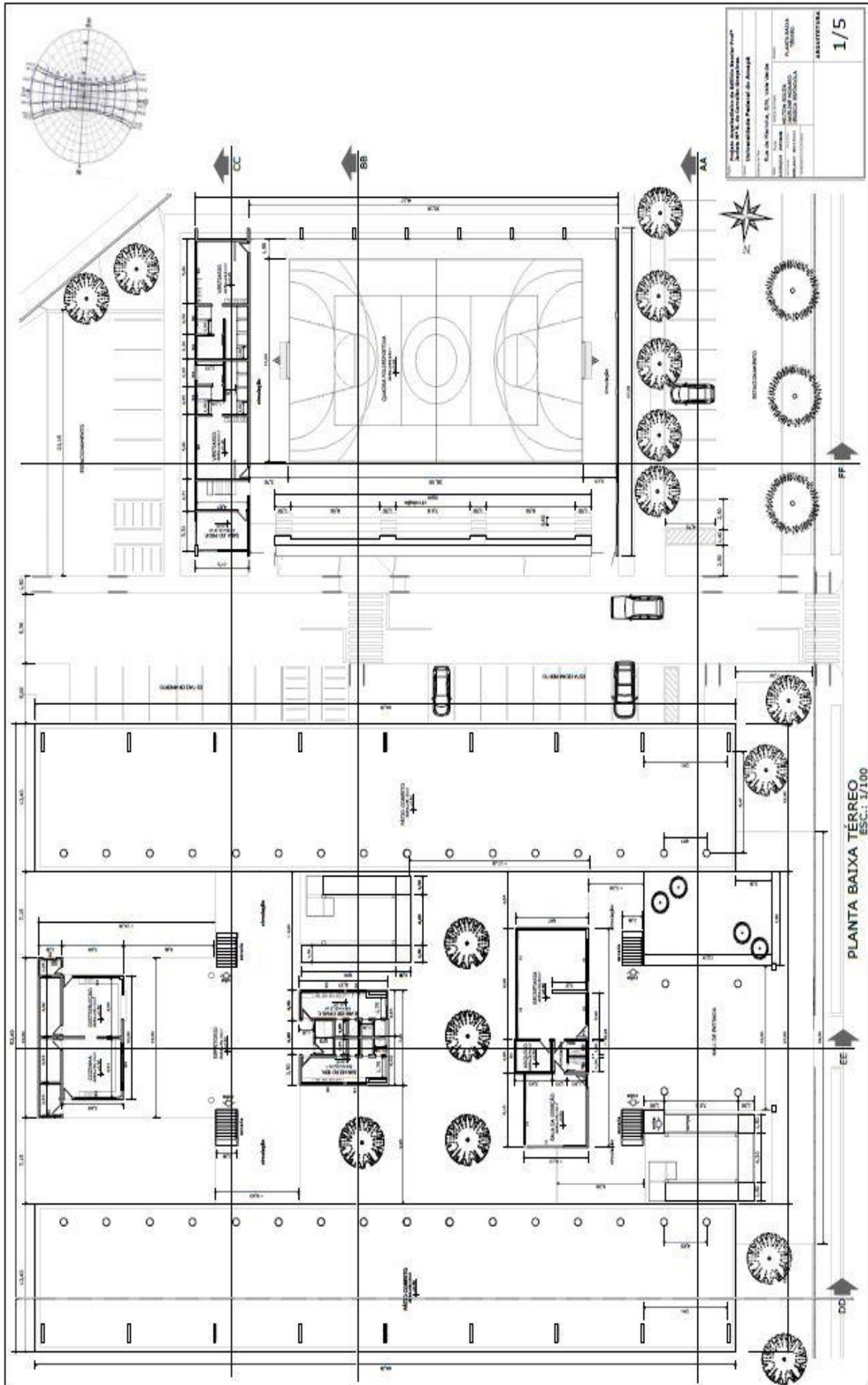
Neste tópico será exposto o volume arquitetônico finalizado, juntamente com as plantas, cortes, e fachadas da proposta final. Contudo, foi cabível manter o volume estudado na ideia preliminar da forma para o alcance das estratégias bioclimáticas para área escolhida, como mostra a Figura 4.65. Resultou em uma edificação interessada com o desempenho térmico e ambiental (Figuras 4.66 a 4.76)

Figura 4.65: Croqui do partido arquitetônico da proposta



Fonte: Produção dos autores, 2013.

Figura 4.66: Planta baixa - térreo



PLANTA BAIXA TÉRREO
 ESC. 1/100

Figura 4.67: Planta baixa – pavimento superior

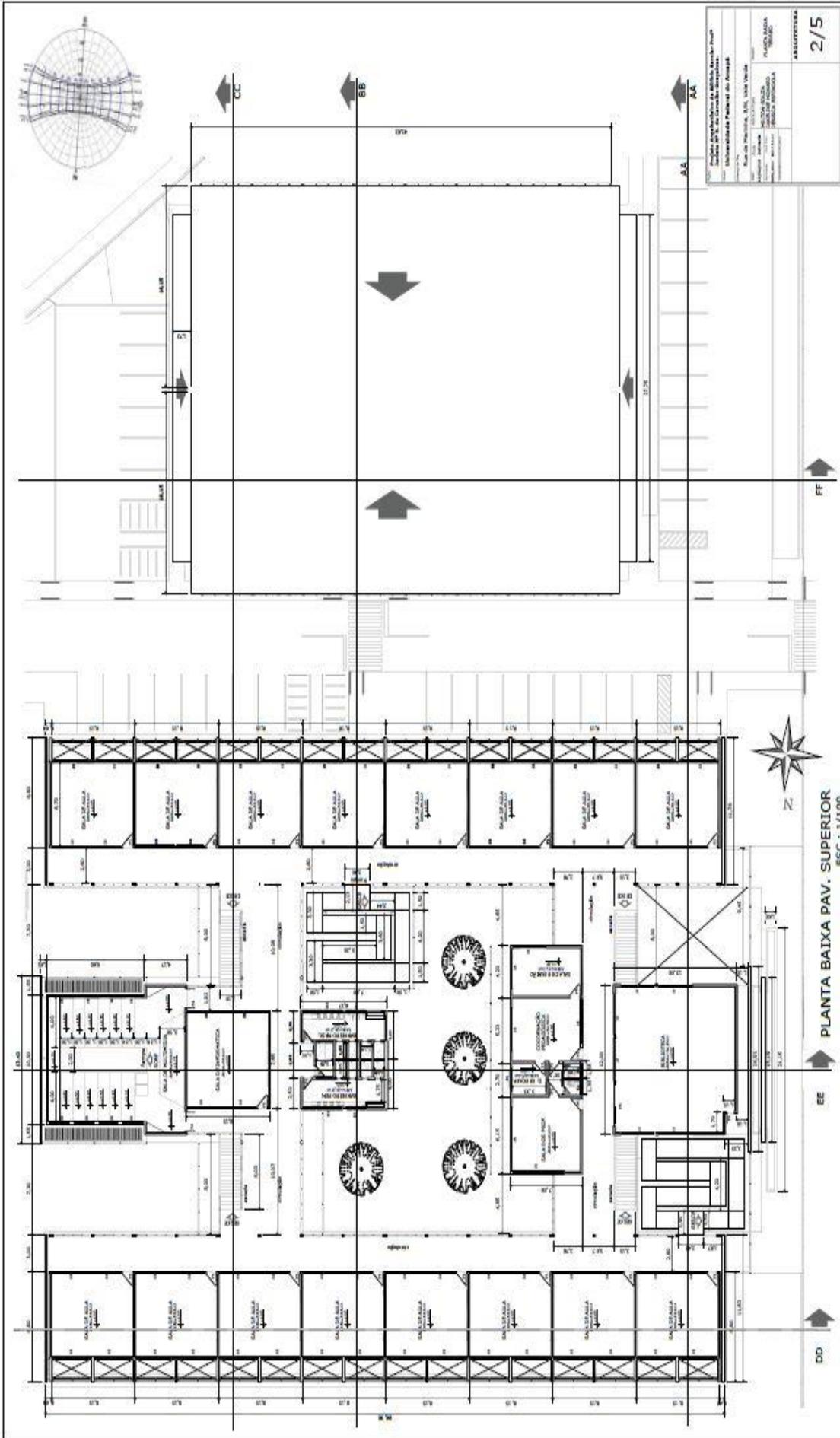


Figura 4.68: Vistas das fachadas

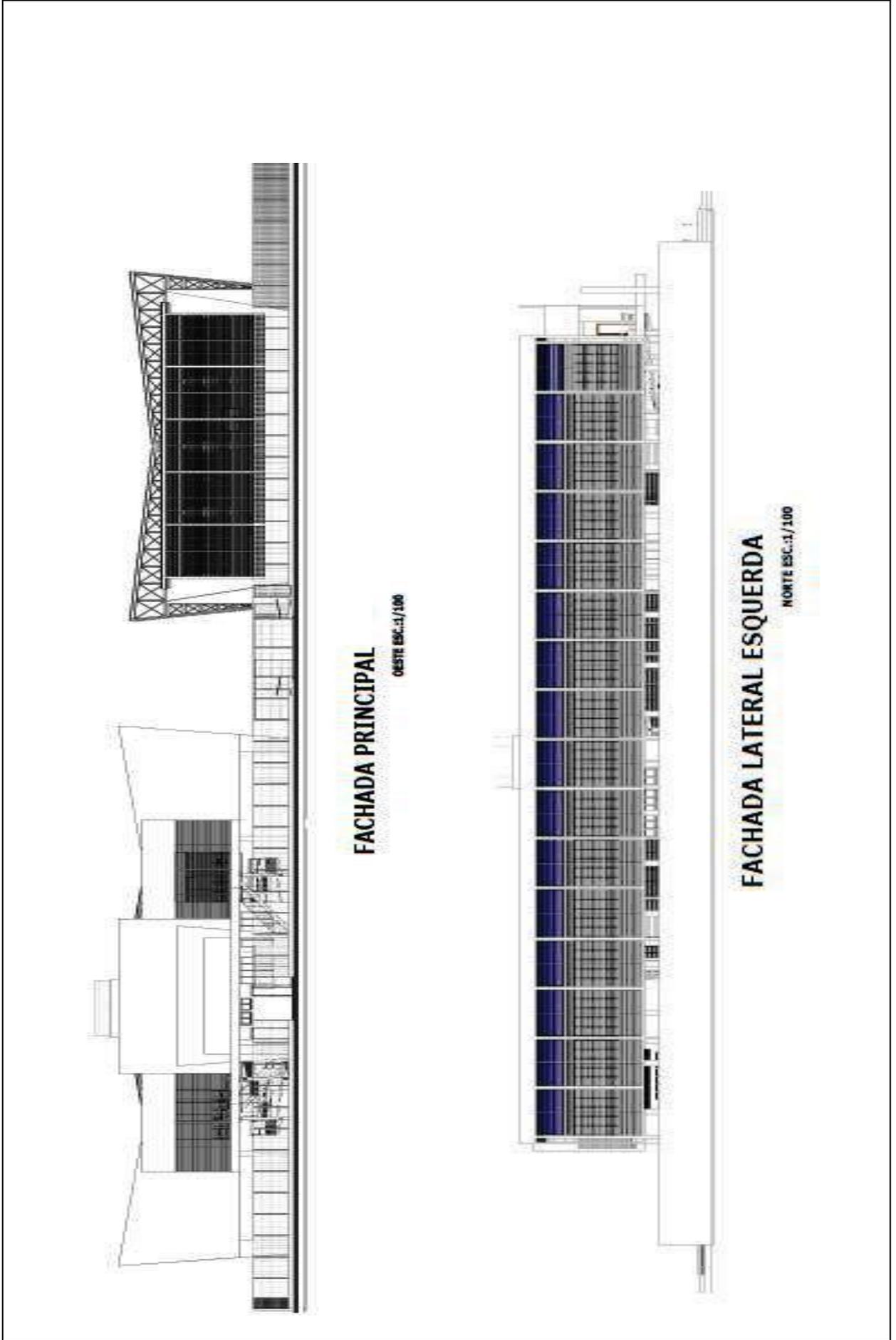


Figura 4.69: Cortes

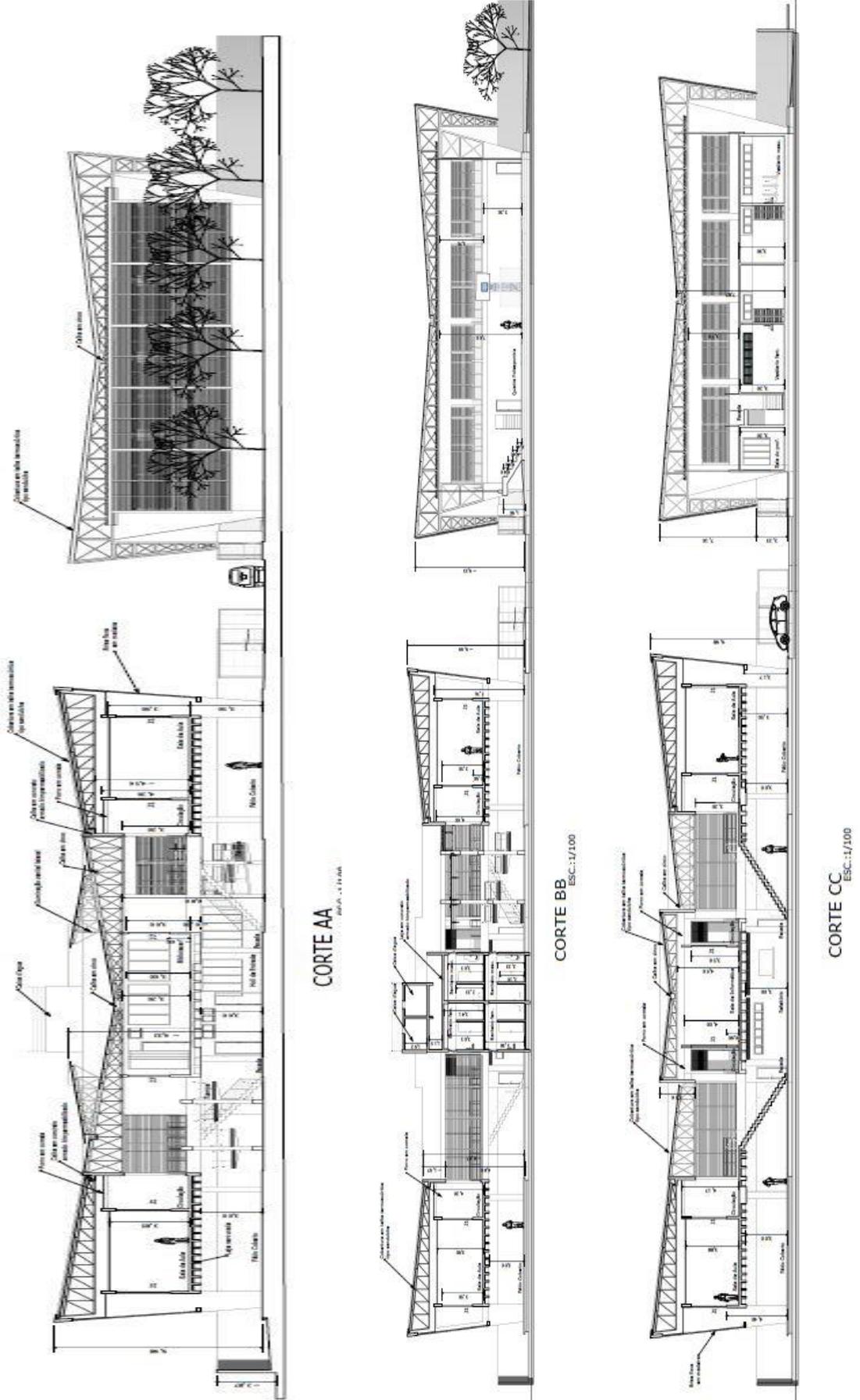


Figura 4.70: Cortes

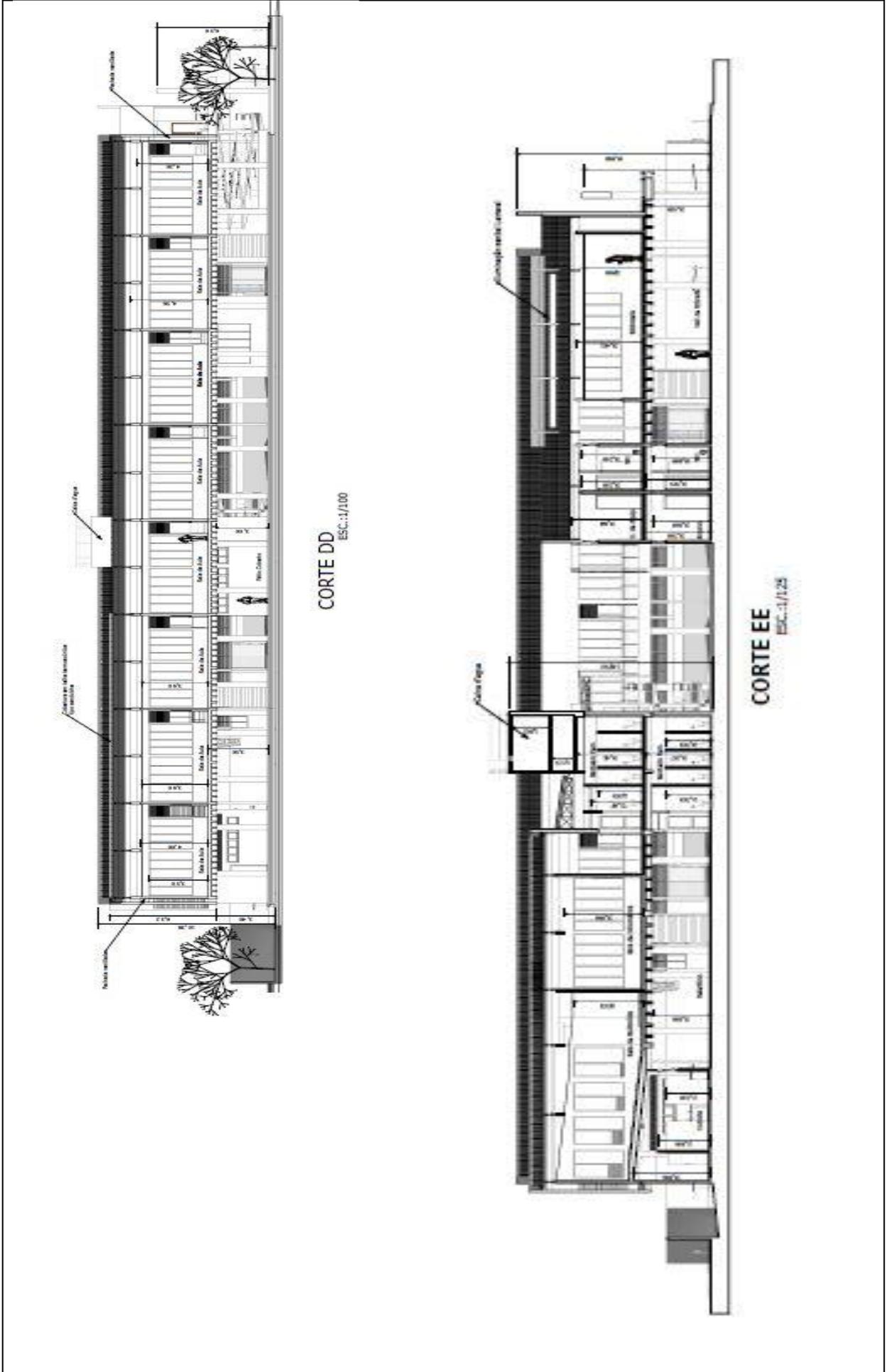
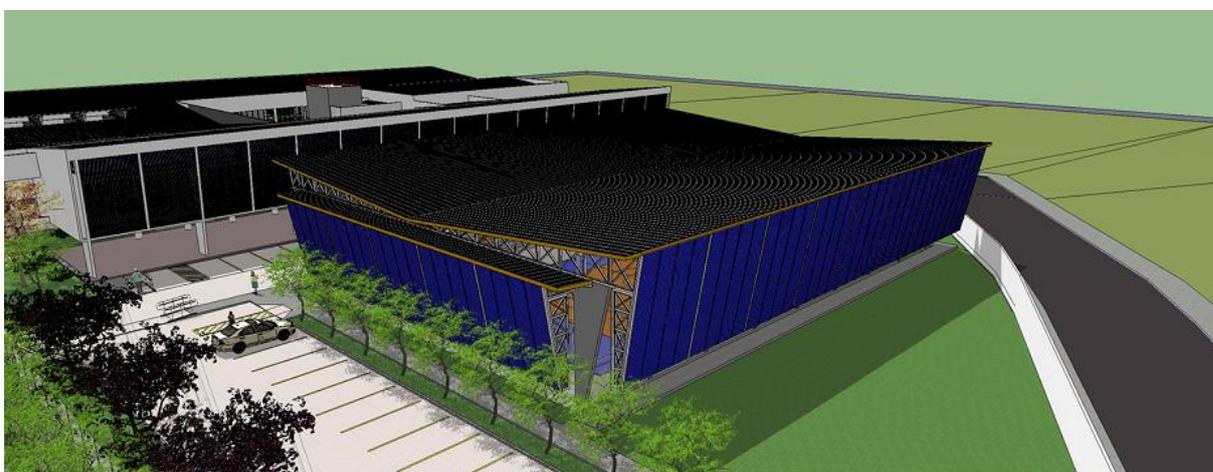


Figura 4.71: Fachada principal

Fonte: produção dos autores, 2013.

Figura 4.72: Fachada principal 1

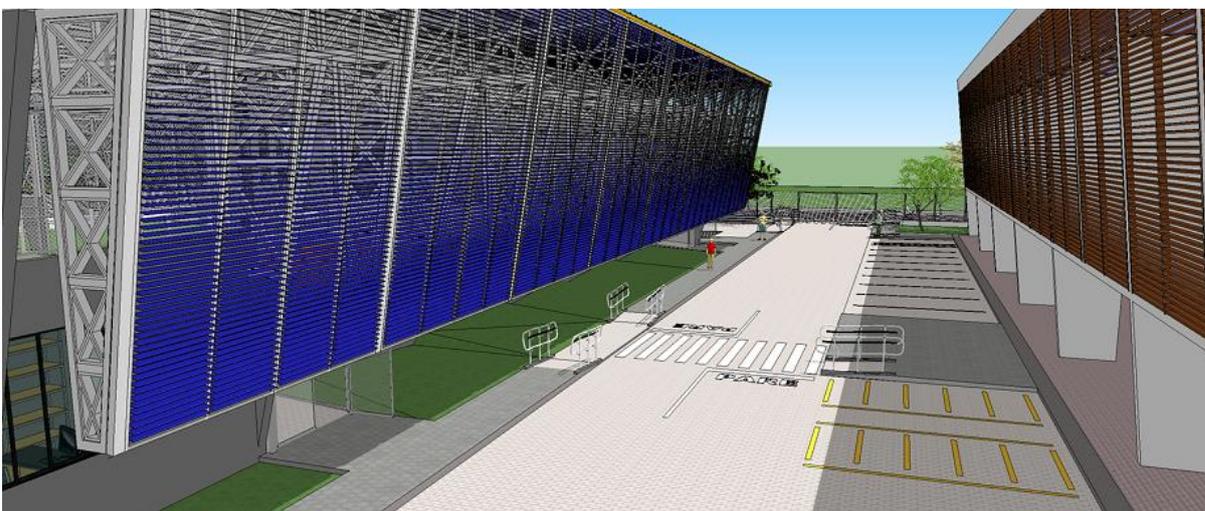
Fonte: produção dos autores, 2013.

Figura 4.73: Fachada sul

Fonte: produção dos autores, 2013.

Figura 4.74: refeitório

Fonte: produção dos autores, 2013.

Figura 4.75: área aberta

Fonte: produção dos autores, 2013.

Figura 4.76: área coberta - térreo

Fonte: produção dos autores, 2013.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

A importância da educação para o desenvolvimento de um país é indiscutível. Sabemos que o Brasil deu grandes passos no que diz respeito à educação, no entanto, apesar dos avanços, falta muito a se fazer. Isso se agravada pelo fato de que o volume de investimentos na educação é insuficiente.

É necessária à adoção de medidas que visem maiores investimentos financeiros, para melhor preparação dos educadores e criação de escolas mais modernas e acessíveis a todos. Uma boa qualidade de ensino não decorre somente da capacitação dos educadores, mas também das condições físicas dos ambientes em que os mesmos interagem com os alunos.

No primeiro capítulo desta pesquisa justificou-se o estudo, expondo o problema, o objetivo geral e específico, e a estrutura da monografia com intuito de apresentar este estudo.

Um dos fatores que se levou em consideração para fazer a escolha desta escola como objeto de estudo, foi o fato de ser um projeto padronizado. A utilização do partido padronizado visa atender aos objetivos econômicos, à racionalidade construtiva e à funcionalidade. Outro fator visivelmente perceptível na utilização dos mesmos é ser identificado como marco de uma determinada administração governamental, visto como um símbolo da gestão. O fator arquitetônico é apenas um dos que influenciam na aprendizagem do aluno.

Ao longo deste trabalho, se comprova que o conhecimento do clima e das estratégias bioclimáticas caracteriza-se como um dos parâmetros cruciais à eficácia de qualquer projeto arquitetônico, principalmente no que diz respeito ao objeto de estudo, uma edificação educacional.

Para estudo aprofundados foi feita a escolha de um ponto principal da edificação: a sala de aula, onde alunos e professores passam a maior parte do tempo e onde se dá processo de aprendizagem.

Durante a análise dos resultados coletados na Escola Jacinta Maria Rodrigues detectou-se elevados índices de temperatura do ar, isso ocorre devido ao próprio projeto arquitetônico, má orientação do prédio no lote, aberturas insuficientes e a geometria do edifício, que por sua vez, dificulta a ventilação o que acarreta desconforto, principalmente nas salas de aulas.

Devido à relação direta da qualidade e da produtividade com o ambiente, pode-se afirmar que as salas de aulas precisam prover aos alunos e professores saúde, em consequência, adquirir rendimento desejável de aprendizagem, foco dos estabelecimentos escolares.

Sendo assim elaborou-se uma proposta com espaços abertos, com áreas grandes destinadas a atividade escolar, transformando o ambiente escolar mais atrativo, o que estimula o interesse do aluno, sem perder o foco pedagógico. Contudo, atendendo os parâmetros de conforto adequado.

Neste estudo concluímos que, devem ser priorizados também, além das estratégias bioclimáticas, os fatores determinantes em um projeto, como a implantação adequada, a orientação, ventilação do edifício. Não estando conforme os critérios adequados, resulta-se em edificação com graves problemas de condicionamento térmico. No tanto, a arquitetura bioclimática deve ser analisada como parâmetro em todas as criações arquitetônicas, e as edificações existentes deve acatar às diretrizes adequadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FROTA, Anésia Barros e SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo.** — 5. ed. — São Paulo : Studio Nobel, 2001.

MARINOSKI, Deivis Luis, **Desempenho térmico de edificações** – 5ª edição, 2007.
MAIRINC, I.; OCHOA, J. M. **Metodología de análisis de iluminación natural para edificios educativos em clima cálido seco.** In: ENCAC –Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Pedro, SP, 11 a 14 de novembro/2001. Segunda Coletânea de Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído. Anais... Curitiba, 2003.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamento de Projeto de edificações Sustentáveis.** Porto Alegre: Bookman, 2010.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K., **Arquitetura Escolar: o projeto do ambiente de ensino.** — Oficina de textos, 2009.

COSTA, Ennio Cruz da. **Arquitetura Ecológica – condicionamento térmico natural.** São Paulo: Blucher, 1982.

COSTA, Marco; COSTA, Maria. **Metodologia da Pesquisa – Conceitos e Técnicas.** Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** informação e documentação: referências: elaborações. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520:** informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

MELATTI, S. P. P. C., **A arquitetura escolar e a prática pedagógica.** Dissertação de Mestrado. Joinville, 2004.

DUMONT, Silas Pires Horta. **A influência da estrutura física no ensino aprendido.** publicado em: 19/11/2009 em <http://www.webartigos.com>.

CASTRO, F. S; OLIVEIRA, F. P; COSTA, R. A. **Conforto térmico como indicador de aprendizagem em escolas de Ituiutaba- MG.** Urbelândia, 2001.

AZEVEDO, G. A. N. **As Escolas Públicas do Rio de Janeiro: Considerações sobre o Conforto Térmico das Edificações.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 1995.

AZEVEDO, G.A.N.; BASTOS, L.E.G.; BLOWER, H.S **Escolas de ontem, educação hoje: é possível atualizar usos em projetos padronizados?** Anais do III Seminário Projetar, Porto Alegre, 2007.

BRASIL, Constituição, 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília:1988.

ELALI, G. A. **O ambiente da escola – o ambiente na escola: uma discussão sobre a relação escola–natureza em educação infantil.** Estudos de Psicologia. Rio Grande do Norte, 2003, v8, n2, 309-319.

NOGUEIRA, M. C. J. A *et al.* **Conforto térmico na escola pública em Cuiabá- MT: estudo de caso.** Revista Eletrônica em Educação Ambiental. Rio Grande, RS, ISSN: 1517- 1256. p. 37-49, v. 14, 2005.

FILHO. E. F. C. *et al.* **Avaliação do conforto ambiental em uma escola municipal de João Pessoa.** IX Encontro de Extensão Universitária. Desafios da indissociabilidade entre ensino e extensão. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2007. ISBN: 978-85-7445-089.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo. PROCEL 1997.

ALUCCI, Marcia P. – Programa **Brise BR 1.3.** Tese (doutorado). departamento de Tecnologia- LABAUT, da FAUUSP.

PMM-Lei Complementar Nº 007/2011 – Plano Diretor de Macapá. Macapá, AP, 2011.

INS, M. P. E.; ANGULO MEZA, L. A. (Orgs) **Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente do Apoio a Decisão.** 1. ed. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000

APÊNDICES

APÊNDICE A - MEMÓRIA DE CÁLCULO - DESEMPENHO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO ESCOLAR PROPOSTA POR ESSA PESQUISA

Cidade: Macapá Latitude: 0° Outubro,20.

Pé-direito: 3,80 m Aberturas Norte

Ocupação: 31 pessoas, trabalho leve, emissão: 65 W por pessoa.

Tabela 01: Características dos Materiais Utilizados para Tratamento Térmico

Características dos materiais							
Local	Material	e (m)	h (m)	k (W/m°C)	d (kg/m ³)	α	Str
Janela	Vidro com proteção externa	0,003	2,60	1	-	-	0,25
Parede norte	Alvenaria: bloco cerâmico	0,09	3,80	2,56	1700	0,4	-
	Argamassa	0,02	-	0,85	1600	0,2	-
Fachada Ventilada (oeste)	Mesmo material da parede norte e câmara de ar ventilada	0,25	3,80	0,72	1700	0,4	-
Brise	Persiana Externa madeira.	0,03	4,00	0,12	-	0,7	-
Cobertura	Telha termoacústica de poliuretano	0,03	-	0,66	36	0,15	-

Fonte: Produção dos autores, 2013.

❖ Dados para cálculo com tratamento na proposta.

O método de cálculo utilizado é o do CSTB, apresentado por Borel (1967) e Croiset (1972), baseado no regime térmico permanente. Os demais dados foram retirados dos anexos de conforme Frota e Schiffer (2003).

DADOS GERAIS: Paredes norte e sul

Símbolo	Descrição	Valor
T _{máx}	Temperatura máxima no mês (média)	32,6°C
T _{mín}	Temperatura mínima no mês (média)	23,5°C
U _{rel}	Umidade Relativa do ar (média)	76%

Fonte: Produção dos autores, 2013.

CALCULAR:

A) Temperatura interna máxima — t_{max} — Na sala de aula, sem considerar os compartimentos adjacentes;

B) Temperatura Efetiva — T.E. — para velocidades do ar $v_o = 0,5$ m/s e $V_o = 1$ m/s.

1- Cálculo dos ganhos de calor solar:

Fórmulas:

Para superfícies opacas

$$Q_{op} = A_{op} \times \frac{\alpha \times K}{h_e} \times I_g$$

Para superfícies transparentes

$$Q_{tr} = A_{tr} \times S_{tr} \times I_g \text{ (W)}$$

Janelas c/ proteção externa (considera-se o brise):

$$Q_1 = 4,94 I_g \text{ (W)}$$

DADOS:

$$A_{op} = 19,76 \text{ m}^2$$

$$\alpha = 0,7$$

$$K = 0,25$$

$$h_e = 25$$

Parede norte:

$$Q_2 = 0,16 I_g \text{ (W)}$$

DADOS:

$$A_{op} = 10,64 \text{ m}^2$$

$$\alpha = 0,4$$

$$K = 1,1$$

$$h_e = 25$$

Parede oeste:

$$Q_3 = 0,1 I_g \text{ (W)}$$

DADOS:

$$A_{op} = 25,46 \text{ m}^2$$

$$\alpha = 0,4$$

$$K = 1,1$$

$$h_e = 25$$

Cobertura:

$$Q_4 = 0,21 I_g \text{ (W)}$$

DADOS:

$$A_{op} = 53,6 \text{ m}^2$$

$$\alpha = 0,15$$

$$K = 0,66$$

$$h_e = 25$$

3 - Planilha de ganhos de calor solar:

Tabela 02: Dados de Radiação Solar Incidente (I_g) sobre Planos Verticais e Horizontais (W/m²). Latitude: 0°. Fachada Norte e Oeste da proposta

Hora	Fachada Norte			Fachada Oeste		Cobertura		Total (W)
	I _g (W/m ²)	Janela (2 m ²)	Parede (18 m ²)	I _g (W/m ²)	0,1*I _g	I _g (W/m ²)	0,21*I _g	
7h	25	123,5	4,13	25	2,7	179	38,0	168,4
8h	38	187,72	6,28	38	4,2	440	93,4	291,6
9h	47	232,18	7,77	47	5,2	682	144,8	389,9
10h	53	261,82	8,76	53	5,8	869	184,5	460,9
11h	57	281,58	9,42	57	6,3	996	211,6	508,7
12h	58	286,52	9,59	58	6,4	1044	221,6	524,1
13h	57	281,82	9,42	293	32,2	996	211,4	534,6
14h	53	261,82	8,76	494	54,3	869	184,5	509,4
15h	47	232,18	7,77	636	70,0	682	144,8	454,7
16h	38	187,72	6,28	669	73,6	440	93,4	361,0
17h	25	123,5	4,13	510	56,1	179	38,0	221,7

Fonte: Gonçalves(32) e LNEC

4 Ganhos de calor devidos à ocupação (calor sensível) e lampadas

4.1 Pessoas:

Atividade: sentadas - trabalho leve

Q_e = 31 × 65 W

Q_e = 961 W

DADOS:

W/pessoa=65; N^o pessoas=31

4.2 Lampadas incandescentes:

Potencia: 100W/ UND

Q_e = 6 × 100 W

Q_e = 192 W

DADOS:

N^o de lâmpadas = 06

5 soma dos ganhos:

Q = 961 W + 192 W + 534,6

Q = 1687,6 W

Perdas de calor:

6 Perdas de calor devidas à diferença de temperaturas interna e externa (Δt)

Fórmulas:

Para superfícies opacas

Para superfícies transparentes e translúcidas.

$$Q'_{op} = A_{op} \times K \Delta t \text{ (W)}$$

$$Q'_{tr} = A_{tr} \times K \Delta t \text{ (W) (W)}$$

Janelas c/ proteção externa:

$$Q'1 = 119,5 \Delta t \text{ (W)}$$

DADOS:
 $A = 19,76 \text{ m}^2$
 $K = 6,05 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Parede Norte:

$$Q'2 = 27,55 \Delta t \text{ (W)}$$

DADOS:
 $A = 10,64 \text{ m}^2$
 $K = 2,59 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Parede Oeste:

$$Q'3 = 18,33 \Delta t \text{ (W)}$$

DADOS:
 $A = 25,46 \text{ m}^2$
 $K = 0,72 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Cobertura (fluxo ascendente)

$$Q'4 = 35,37 \Delta t \text{ (W)}$$

DADOS:
 $A = 53,6$
 $K = 0,66 \text{ W/m}^2\text{°C}$

7 Perdas devidas à ventilação:

Adotando um valor para a taxa horária de renovação — N — adotada sob o ponto de vista da suficiência.

Fórmula:

$$Q'_{\text{vent}} = 0,35 \times N \times V \times \Delta t$$

Coef. = 0,35
 $Q'_{\text{vent}} = 1782,2 \Delta t \text{ (W)}$

DADOS:
 $N = 25 \text{ Trocas/h}$
 $C = 8 \text{ m}; b = 6,70 \text{ m } H = 3,8 \text{ m}$
 $V = 203,68 \text{ m}^3$

TOTAL DE PERDAS DE CALOR:

$$Q' = Q'1 + Q'2 + Q'3 + Q'4 + Q'_{\text{vent}}$$

$$Q' = 1983,1 \Delta t \text{ (W)}$$

DADOS:
 $Q'1 = 119,5 \Delta t \text{ (W)}$
 $Q'2 = 27,55 \Delta t \text{ (W)}$
 $Q'3 = 18,33 \Delta t \text{ (W)}$
 $Q'4 = 35,37 \Delta t \text{ (W)}$
 $Q'_{\text{vent}} = 1.782,2 \Delta t \text{ (W)}$

Balço térmico: ganhos = perdas

$$Q = Q' \rightarrow 1687,6 = 1983,1 = \frac{1687,6}{1.983,1} =$$

$$\Delta t = 0,9\text{°C}$$

8 Avaliação da inércia - Peso da parede (inclusive piso e teto)

Fórmula:

$$\frac{e \times d \times 1}{2} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

—**Cobertura:** (e = 0,03 m; d = 36 kg/m³). **Total = 17,87kg/m²**

—**Parede norte** (alvenaria)

Alvenaria: (e = 0,14/2m; d = 1700(kg/m³) 119 (kg/m²)

Total= 3,55 (kg/m²)

—**Parede oeste** (alvenaria)

Alvenaria: (e = 0,14/2m; d = 1700(kg/m³) 119 (kg/m²)

Total= 8,49 (kg/m²)

—**Piso** (concreto simples + revestimento)

Concreto (e=0,15; d= 2000(kg/m³))

Total= 17,77 (kg/m²)

Segundo o peso de cada parede e a resistência térmica de seu revestimento, pode-se determinar a superfície equivalente pesada. Croiset, (1972) apresenta um método simplificado para apreciação da inércia de uma parede interior (inclusive piso e teto), que consiste em aplicar um coeficiente igual a 1, 2/3, 1/3 ou 0, segundo o seu peso e a resistência térmica do seu revestimento, conforme a tabela 05:

Tabela 3: coeficientes aplicados para apreciação da inércia de uma parede

Resistência térmica do revestimento (m ² C/W)			
Características	Inferior a 0,15	Entre 0,15 e 0,50	Superior a 0,50
Parede pesando + de 200 kg/m ²	1	2/3	0
Parede pesando entre 200 e 100 kg/m ²	2/3	1/3	0
Parede pesando entre 100 e 50 kg/m ²	1/3	0	0
Parede pesando mais de 50 kg/m ²	0	0	0

Fonte: Croiset, (1972), Apud Frota e Schiffer (2003, P.51).

$$E, \frac{\text{superfície equivalente pesada}}{\text{área do piso}} = \frac{47,67}{53,3} = 0,89.$$

A inércia do recinto considerado pode ser então classificada, segundo o valor da relação base superfície equivalente pesada / área do piso do local:

Tabela 04 – Coeficientes de Croiset, (1972).

Superfície equivalente pesada /área	Tipo de inercia
Inferior a 0,5	Inércia muito fraca
Entre 0,5 e 1,5	Inércia fraca
Superior a 1,5 e sem cumprir a condição definida para inércia forte	Inércia média
Superior a 1,5 e se a metade das paredes pesar mais de 300 Kg/m ²	Inércia forte

Fonte: Croiset, (1972), Apud, Frota e Schiffer (2003, P.51).

O amortecimento e o atraso serão tanto maiores quanto maior for a inércia da construção.

Tabela 05 – Índices de inércia da construção

Para construção de inércia muito fraca	m = 0,4;
Para construção de inércia fraca	m= 0,6;
Para construção de inércia média	m = 0,8;
Para construção de inércia forte	m = 1,0.

Fonte: Croiset, (1972), Apud Frota e Schiffer (2003, P.51).

Sendo, portanto, a inércia classificada como Fraca, e o coeficiente de inércia de Croiset, (1972) é. **m = 0,6.**

9 Cálculo de temperatura externa média — (te) e alongação — (E)

Pior cenário-Mês Mais Quente = 13h de Outubro.

Temax = 32,6°C

Temin = 23,5°C

Teméd = 21,6°C

A = 32,6–23,5 = 9,1°C e E = 9,1°/2 = 4,55°C

Cálculo da temperatura interna máxima resultante — (Timax)

Timax = te + (1 – m) E + (1 – m) Δt

Timax = 23,88 °C

Dados:

Teméd =20,6°C

m=0,6

E =4,55°C

Δt=0,9°C

APÊNDICE B - MEMORIAL DESCRITIVO

O Memorial descritivo a seguir tem como objetivo elucidar os componentes de um complexo arquitetônico de um prédio de 2 pavimentos destinados às instalações de uma edificação escolar; situado na Rua: da Marinha, s/n, Município de Macapá – Amapá.

A área construída em estudo compreende aproximadamente, 6.836,49m² e a área total do terreno é igual a 6.917,31m².

1) PROJETO ARQUITETÔNICO

A presente especificação se refere à execução da construção de um prédio conforme o projeto em questão. Os materiais especificados obedecerão rigorosamente ao projeto arquitetônico.

PROJETO

O projeto de arquitetura desenvolvido nesta monografia segue as seguintes disposições requeridas pelo projeto.

2) MATEIRAIS DE ACABAMENTO

2.1) PISOS

2.1.1) Camada Regularizadora

Todos os pisos, antes da pavimentação final, deverão ser previamente regularizados obedecendo aos níveis de inclinação previstos para a pavimentação que as deve recobrir. Deverá ser prevista nesta camada a devida inclinação em direção aos ralos de escoamento, para os pisos das áreas molhadas.

2.1.2) Estacionamento

Para a execução do piso do estacionamento, deverá ser feito um piso intertravado tipo bloco de concreto (Paver Pavistein 8cm) da marca Betonart ou similar, com a devida sinalização e marcação das garagens pintadas na cor amarela.

2.1.3) Calçada

Para a execução da calçada externa, deverá ser feito um piso do tipo cimentado, com acabamento liso, sarrafeado e esponjado, com juntas plásticas dispostas a cada dois metros, no sentido do comprimento da calçada. O nível a ser obedecido é o nível do piso existente da calçada.

2.1.4) Revestimento Interno

Para execução do piso interno será usado piso cerâmico tipo A da marca Eliane ou similar, na cor bege, 0,42cm x 0,42cm.

2.2) PAREDES

2.2.1) Alvenaria de tijolo cerâmico

As alvenarias serão executadas com tijolo cerâmico, de 1ª qualidade. As espessuras das paredes obedecerão rigidamente as cotas apresentadas em projetos arquitetônicos. As fiadas obedecerão a um perfeito nível, alinhamento e prumo. As

juntas terão espessura máxima de 1,50 cm e serão rebaixadas à ponta de colher para que o emboço tenha maior aderência.

2.3) REVESTIMENTOS

2.3.1) Chapisco

Será executado nas superfícies destinadas a receber reboco ou emboço (alvenaria e concreto), com argamassa (cimento e areia grossa), previamente umedecida.

2.3.2) Reboco

Os rebocos nas paredes serão executados com argamassa de cimento, areia e barro nas paredes definidas em projeto e destinadas a receber revestimentos de argamassa e pintura posterior.

2.3.3) Emboço

As superfícies que receberem qualquer outro revestimento (revestimento cerâmico) deverão ter acabamento áspero de acordo com as recomendações técnicas.

2.3.4) Revestimento cerâmico - Interno

Os ambientes indicados na planta (banheiro e copa/cozinha) deverão receber revestimento em azulejo na cor branca 0,20cm x 0,30cm.

2.3.5) Pintura interna

Os ambientes internos receberão pintura acrílica na cor branco neve, sobre reboco liso com massa PVA, aplicado em duas demãos, até o forro, acetinado nas paredes na cor branco neve de acordo com as especificações do fabricante.

2.3.6) Revestimento externo

De acordo com as indicações nas fachadas - ver projeto arquitetônico

2.3) RODAPÉS, SOLEIRAS E PEITORIS

2.3.1) Soleiras

Serão colocadas soleiras em vãos entre locais com pavimentação diversa, ou com diferença de nível, com espessura de 2 cm e na espessura da parede. As soleiras serão em granito branco veneziano com acabamento polido.

2.3.2) Peitoris

Serão colocados peitoris nas janelas e balancins em granito branco veneziano com acabamento polido, rebaixo e espessura mínima de 2cm, assentadas. A largura dos peitoris deve ser a espessura da parede mais 4cm de folga.

2.3.4) Rodapés

Nos ambientes internos, deverá ser usado rodapé em cerâmica similar ao respectivo revestimento de piso na cor bege, com altura h=10,0cm assentado com argamassa.

2.4) ESQUADRIAS

2.4.1) Esquadrias de vidro

Todas as esquadrias externas, serão de vidro temperado 6mm na cor translúcido executadas com perfis de alumínio natural e trancas cromadas. As medidas deverão ser conferidas in loco.

2.4.2) Portas

Internamente, serão instaladas portas tipo pranchetão com revestimento de laminado de madeira e guarnições em madeira de lei maciça tipo freijó com polimento em selador, e vidro temperado 6mm na cor translúcido.

2.5) LOUÇAS E METAIS

Para os banheiros e lavabos serão colocadas vaso com caixa acoplada (29 unidades), cubas de lavatório (29 unidades), mictórios (09 unidades) de cor branca, da marca *DECA* e metais sanitários de fabricação *DOCOL* com assentamento por mão de obra especializada. Para as cozinhas e áreas de serviço, serão utilizadas cubas retangulares de inox da marca *Tramontina*.

2.6) FORRO

Deverá ser executado forro PVC na cor branca, modelo 200mmx7mmx3m, e acabamento com rodaforno moldura na cor branca.

2.7) COBERTURA

A cobertura será executada em estrutura metálica, e telha tipo sanduíche (poliuretano) da marca *ISOETE* obedecendo às indicações do projeto arquitetônico e recomendações do fabricante.

2.8) RAMPAS DE ACESSIBILIDADE

Haverá 2 rampas em concreto armado com, com piso antiderrapante. O corrimão será em tubo ferro com pintura anti-ferrugem na cor branca.

2.9) ESCADA

O piso da escada será revestido com piso antiderrapante. O corrimão será em tubo inox.

2.10) BANCADAS

Todas as bancadas serão de granito branco veneziano com acabamento polido com as dimensões especificadas no projeto arquitetônico. Todas possuirão rodabanca e saia do mesmo granito medindo 15 cm.

APÊNDICE C – ORÇAMENTO SINTÉTICO

ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	CUSTOS		TOTAL DO ÍTEM	PERCENTUAL (%)
				UNITÁRIO	TOTAL		
1	SERVIÇOS PRELIMINARES					37.584,90	1,16%
1.1	Licenças e taxas	und	1,00	1.962,70	1.962,70		
1.2	Placa de identificação da obra	und	2,00	766,83	1.533,66		
1.3	Instalações provisórias de luz e força	vb	1,00	510,86	510,86		
1.4	Instalações provisórias de água e esgoto	vb	1,00	728,24	728,24		
1.5	Barracão da obra	m ²	45,00	158,38	7.127,10		
1.6	Tapume em madeira e tela de alambrado	m ²	599,26	26,57	15.922,34		
1.7	Sondagem	pt	4,00	1.200,00	4.800,00		
1.8	Mobilização e desmobilização	und	1,00	5.000,00	5.000,00		
2	PREPARO DO TERRENO					82.704,10	2,56%
2.1	Locação da obra	m ²	3.744,39	4,03	15.089,89		
2.2	Escavação manual	m ³	42,40	32,79	1.390,30		
2.3	Reaterro manual	m ³	8,20	23,02	188,76		
2.4	Aterro compactado	m ³	1.685,00	39,19	66.035,15		
3	FUNDAÇÕES					77.993,08	2,41%
3.1	Lastro de concreto	m ³	8,72	269,94	2.353,88		
3.2	Forma em madeira	m ²	210,66	28,98	6.104,93		
3.3	Armação CA 50/CA-60	kg	4.309,60	9,68	41.716,93		
3.4	Concreto FCK = 20 Mpa - Blocos e baldrames	m ³	64,51	424,94	27.412,88		
3.5	Desforma	m ²	210,66	1,92	404,47		
4	ESTRUTURA (Laje, Pilares, Vigas, Vergas, escada)					414.758,85	12,83%
4.1	Forma em madeira	m ²	2.565,61	28,98	74.351,38		
4.2	Armação CA 50/CA-60	kg	15.621,36	9,68	151.214,76		
4.3	Concreto FCK = 20 mpa	m ³	433,63	424,94	184.266,73		
4.4	Desforma	m ²	2.565,61	1,92	4.925,97		

5	PAREDES/PAINÉIS					70.358,63	2,18%
5.1	Alvenaria de tijolo furado - esp. 15cm	m ²	2.538,19	27,72	70.358,63		
6	COBERTURA					239.695,81	7,41%
6.1	Estrutura metalica da cobertura	m ²	2.833,84	33,67	95.415,39		
6.2	Telhamento da cobertura em telhas tipo SANDÚÍCHE	m ²	2.833,84	45,00	127.522,80		
6.5	Rufo em concreto armado (largura 40cm, espessura 7cm)	m	418,00	40,09	16.757,62		
7	ESQUADRIAS C/ FERRAGENS					285.032,53	8,82%
7.1	Porta em madeira com vidro (1,00x3,50)m - P1	m ²	59,00	342,14	20.186,26		
7.2	Porta em madeira com vidro (1,00x2,10)m - P2	m ²	21,00	267,09	5.608,89		
7.3	Porta em madeira (0,80x2,10)m - P3	m ²	15,12	180,00	2.721,60		
7.4	Porta em alumínio anodizado s/ vidro p/ WC (0,50x1,80)m - P4	m ²	16,20	342,14	5.542,67		
7.5	Porta em alumínio anodizado s/ vidro (0,90x2,10)m - P6	m ²	7,56	342,14	2.586,58		
	Porta em alumínio p/ WC deficiente c/ puxador horizontal, conf. NBR 9050/2004 (1,00x1,70)m - PE-1	m ²	6,80	411,32	2.796,98		
7.7	Janela correr alumínio c/ vidro 6mm (2,60x3,80)m - J1	m ²	503,88	251,08	126.514,19		
7.8	Janela fixa alumínio c/ vidro 5mm (0,95x2,00)m - J2	m ²	263,00	265,78	69.900,14		
7.9	Janela fixa alumínio c/ vidro 5mm (2,40x1,90)m - J3	m ²	154,70	265,78	41.116,17		
7.10	Balancim alumínio c/ vidro 5mm (3,00x0,70)m - B1	m ²	3,60	265,78	956,81		
7.11	Balancim alumínio c/ vidro 5mm (2,00x0,70m) - B2	m ²	8,40	265,78	2.232,55		
7.12	Peitoril em granito	m	110,00	44,27	4.869,70		
8	REVESTIMENTOS					81.694,21	2,53%
8.1	Chapisco	m ²	2.538,19	4,14	10.508,11		
8.2	Emboço	m ²	530,40	13,28	7.043,71		
8.3	Reboco	m ²	2.538,19	16,08	40.814,10		
8.4	Azulejo 20x20cm	m ²	530,40	26,19	13.891,18		
8.5	Azulejo vitrificado (fachada)	m ²	352,00	26,81	9.437,12		
9	PAVIMENTAÇÃO					689.896,28	21,34%
9.1	Camada impermeabilizadora	m ²	6.836,49	37,46	256.094,92		
9.2	Camada niveladora	m ²	1.297,00	14,11	18.300,67		
9.3	Korodur (inclusive escada)	m ²	5.425,00	59,30	321.702,50		
9.4	Lajota Cerâmica 30x30cm	m ²	1.411,49	61,16	86.326,73		

9.6	Piso em bloco intertravado (estacionamento)	m ²	143,76	44,15	6.347,00		
9.7	Soleira em granito	m	25,40	44,27	1.124,46		
10	INSTALAÇÕES					124.960,08	3,87%
10.1	Elétricas prediais	und	1,00	67.508,95	67.508,95		
10.2	Água fria	und	1,00	16.836,06	16.836,06		
10.3	Esgoto sanitário, incluindo fossa, sumid. e filtro anaeróbico	und	1,00	27.692,77	27.692,77		
10.4	Incêndio	und	1,00	3.433,41	3.433,41		
10.5	Instalação telefônica	und	1,00	9.488,89	9.488,89		
11	PINTURA					46.675,30	1,44%
11.1	Massa acrílica	m ²	2.538,19	7,10	18.021,15		
11.2	Pintura acrílica 3 demãos	m ²	2.538,19	10,94	27.767,80		
11.3	Pintura em verniz (madeiramento aparente)	m ²	95,00	9,33	886,35		
12	FORRO					84.119,02	2,60%
12.1	Em réguas de PVC e travejamento em metalon	m ²	2.100,35	40,05	84.119,02		
13	DIVERSOS					266.343,91	8,24%
13.1	Placa de inauguração	und	1,00	238,80	238,80		
13.2	Quadro magnético branco (4,00 x 1,20)m	und	16,00	452,62	7.241,92		
13.3	Quadro de aviso (2,00 x 1,20)	und	4,00	217,06	868,24		
13.4	Guarda-corpo em tubo de alumínio brilhante	m ²	248,00	179,61	44.543,28		
13.5	Corrimão em tubo de alumínio brilhante	m	102,98	72,17	7.432,07		
13.6	Brise em madeira de lei, conforme projeto	m ²	982,00	160,00	157.120,00		
13.7	Impermeabilização de calha de concreto	m ²	132,00	16,50	2.178,00		
13.8	cx. d'água concreto armado, altura 1,90m c/ escada (5,30x4,30)	und	1,00	15.500,00	15.500,00		
13.9	Bomba submersa de 1,5CV	und	1,00	2.500,00	2.500,00		
13.10	Paisagismo	und	1,00	14.700,00	14.700,00		
13.11	Condutor em PVC Ø 150mm (águas pluviais)	m	112,00	40,50	4.536,00		
13.12	Caixa em alvenaria p/ coleta de águas pluviais	und	14,00	220,00	3.080,00		
13.13	Drenagem de águas pluviais	und	1,00	6.000,00	6.000,00		
13.14	Mastro em ferro para bandeira , chumbado (preto)	und	3,00	135,20	405,60		
14	LOUÇAS SANITÁRIAS					2.808,00	0,09%

14.1	Vaso sanitário	und	18,00	156,00	2.808,00		
14.2	Lavatórios	und	16,00	258,80	4.140,80		
14.3	Mictório	und	6,00	182,30	1.093,80		
15	ENCERRAMENTO					12.611,38	0,39%
15.1	Limpeza periódica da obra	mês	12,00	521,12	6.253,44		
15.2	Limpeza final da obra	m²	6.836,49	0,93	6.357,94		
CUSTO DIRETO (R\$)						2.517.236,06	77,86%
B.D.I. (%)		28,43%	B.D.I. (R\$)			715.650,21	22,14%
PREÇO TOTAL (R\$)						3.232.886,27	100,00%
IMPORTA O PRESENTE ORÇAMENTO EM: R\$ 3.232.886,27 (três milhões, duzentos e trinta dois mil, oitocentos e oitenta e seis reais e vinte e sete centavos)							

ANEXO

PROJETO DA ESCOLA JACINTA M^a R. CARVALHO GONÇALVES

Figura 1: Cortes

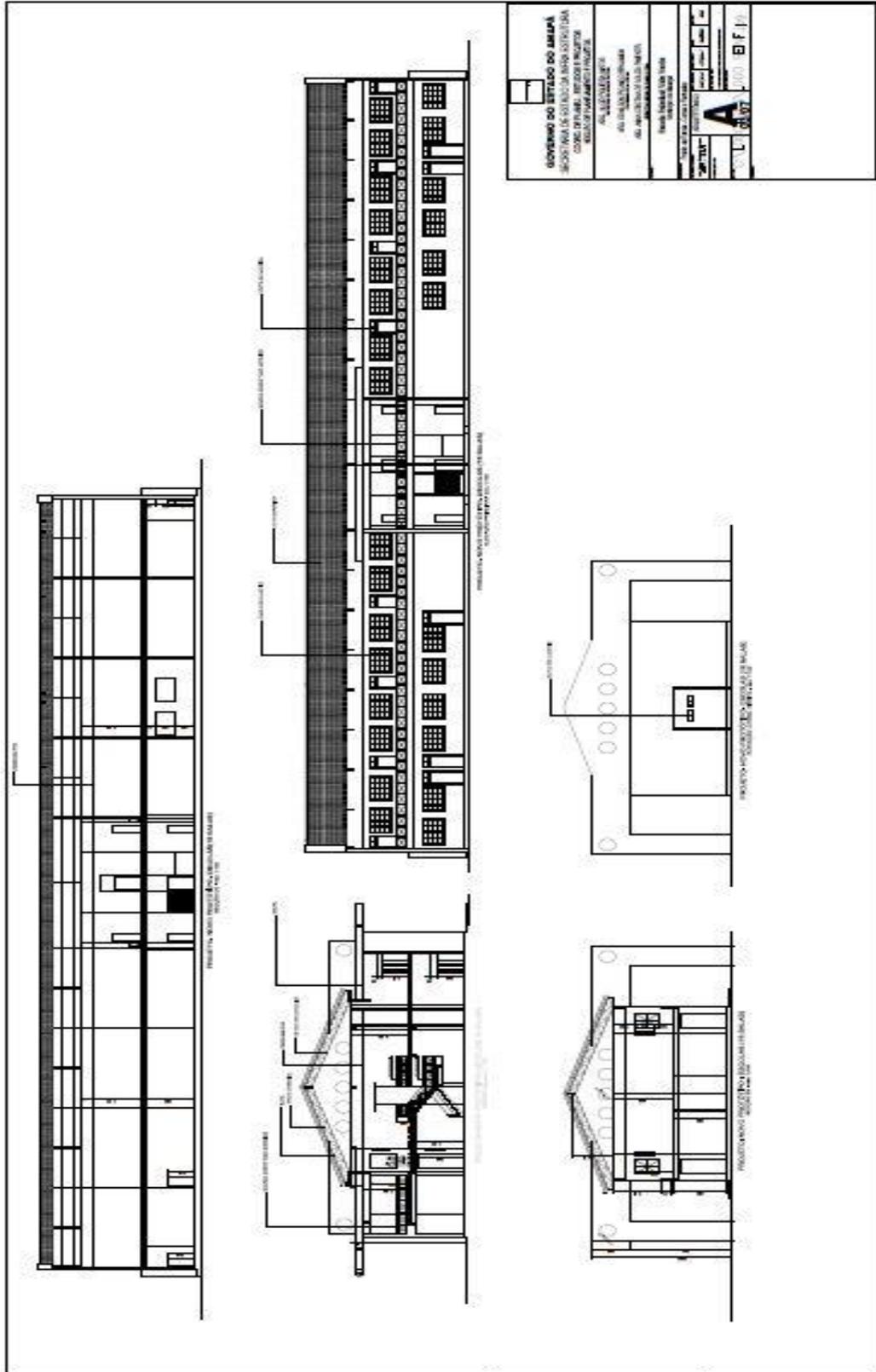


Figura 2: Planta Baixa Térreo

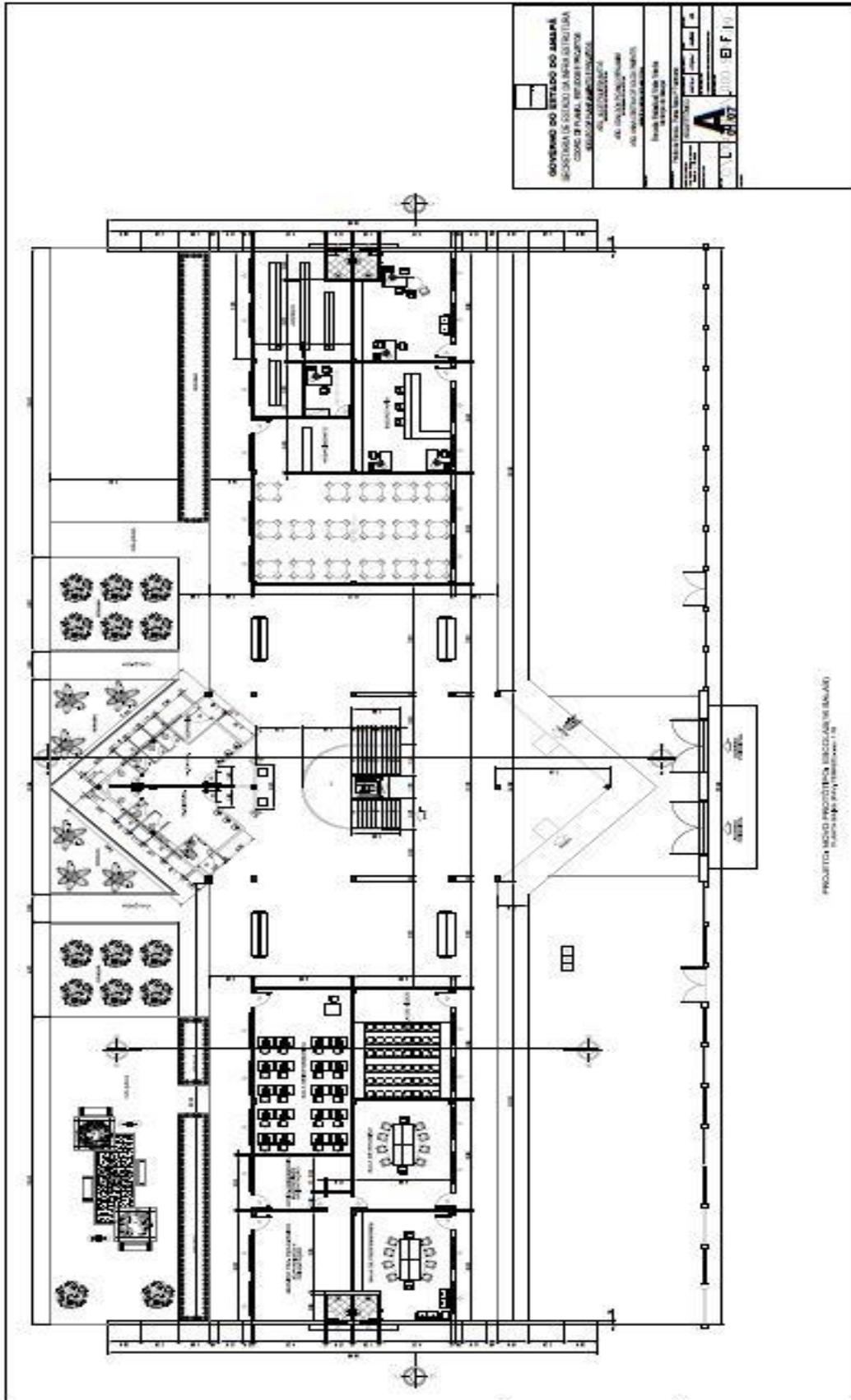


Figura 3: Planta Baixa Superior

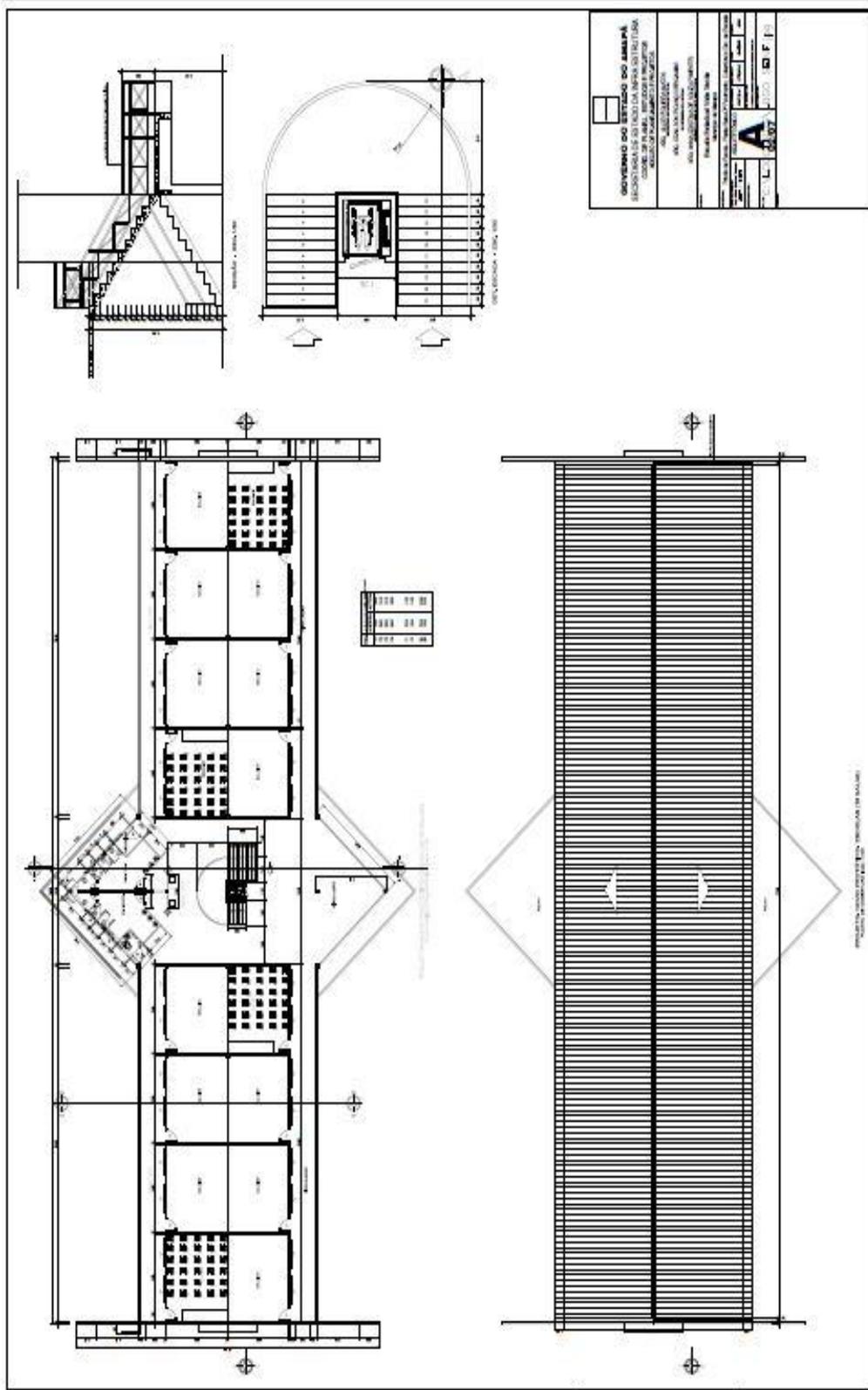


Figura 3: Planta de Locação

