



**Universidade de  
Aveiro  
2013**

Departamento de Engenharia Civil

**Diogo João Ferreira    Custos Energéticos em Escolas do 1º Ciclo  
Cardoso de Oliveira    do Concelho de Gouveia  
Cardona**





**Universidade de  
Aveiro  
2013**

Departamento de Engenharia Civil

**Diogo João Ferreira  
Cardoso de Oliveira  
Cardona**      **Custos Energéticos em Escolas do 1º Ciclo  
do Concelho de Gouveia**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizado sob a orientação científica da Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e co-orientação do Professor Doutor José Claudino de Pinho Cardoso, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e do Engenheiro António Jorge Bauleth Marques Ramos, Assistente Convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.



## **O Júri**

Presidente

**Professor Doutor Aníbal Guimarães da Costa**

Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

**Doutora Sandra Cristina Alves Pereira da Silva Cunha**

Professora Auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues**

Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

**Professor Doutor José Claudino de Pinho Cardoso**

Professor Associado da Universidade de Aveiro

**Engenheiro António Jorge Bauleth Marques Ramos**

Assistente Convidado da Universidade de Aveiro



## **Agradecimentos**

Durante a elaboração deste trabalho e ao longo do Curso tive a imprescindível ajuda de algumas pessoas a quem quero manifestar a minha gratidão.

À minha orientadora, Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues, por desde o primeiro minuto me ter acompanhado e apontado sempre o melhor caminho.

À Câmara Municipal de Gouveia nas pessoas do seu Vereador Dr. Luís Manuel Marques Tadeu, da sua Vereadora Dr.<sup>a</sup> Laura Pinto da Costa e do Engenheiro António Mendes pela forma como me receberam e permitiram a realização do Estágio Curricular assim como o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os meus colegas com quem trabalhei ao longo deste percurso, em especial ao Tony Ferreira e ao Filipe Lima que sempre me ajudaram a dar o próximo passo e que se tornaram verdadeiros amigos.

A toda a estrutura do Club Camões (atletas, treinadores e dirigentes) e do Escola Velha que me trouxeram momentos de alegria e amizade que sempre me permitiram encarar todos os desafios inerentes a este Curso com um sorriso nos lábios.

A todos os meus amigos, por serem sempre a alavanca que necessitei especialmente nos momentos mais difíceis.

E por último, aos meus pais, os pilares de todo este percurso e pelos quais tenho muito orgulho.





*A competitividade de um país  
não começa nas indústrias  
ou nos laboratórios de engenharia.  
Começa na sala de aula.*

*(Lee Iacocca)*



## **PALAVRAS-CHAVE**

Conforto Higrotérmico, Edifícios Escolares, Qualidade do Ar Interior, Anomalias, Custos, Energia.

## **RESUMO**

Com o programa de renovação do Parque Escolar, verifica-se que os custos de exploração dos edifícios escolares têm aumentado drasticamente, tornando-se inoportáveis para os magros orçamentos seja das escolas, das Juntas de Freguesia ou das Autarquias. Resulta desta situação que os responsáveis das escolas optam, muitas vezes, por desligar os sistemas de aquecimento e arrefecimento conduzindo a situações de desconforto que se podem traduzir nalgum insucesso escolar. Na verdade, os sistemas instalados foram caros, mas acabam por não funcionar por falta de verbas para a sua manutenção e exploração.

Deste modo, torna-se importante e necessário analisar este assunto de modo a conseguir-se quantificar antecipadamente os custos energéticos do património escolar, ajustando-os à disponibilidade orçamental dos donos de obra.

Para este trabalho de investigação propõe-se, no universo das escolas do 1º Ciclo do município de Gouveia identificar e caracterizar o estado de conservação dos diversos edifícios escolares e os seus custos energéticos, assim como identificar soluções construtivas que diminuam estes mesmos custos.

Para isso, num primeiro momento efetuou-se pesquisa bibliográfica sobre o tema em análise e, após esta, desenvolveu-se o caso de estudo que incidiu sobre edifícios escolares do concelho de Gouveia.

No final deste trabalho foi possível concluir que os custos energéticos nas escolas assumem valores muito elevados e que estas estão fora dos níveis de conforto recomendados, sendo aconselhável a realização de intervenções nas escolas de forma a diminuir estes custos e a permitir que os edifícios em estudo estejam de acordo com a regulamentação, relativa ao conforto térmico, em vigor.



## **KEYWORDS**

Hygrothermal comfort, School Buildings, Indoor Air Quality, Anomalies, Costs, Energy.

## **ABSTRACT**

With the renewal program of the “Parque Escolar”, it appears that the operating costs of school buildings have increased dramatically, making it unaffordable for the schools, and local authorities’ small budgets. Consequently the heads of school often turn off the heating and cooling systems leading to situations of discomfort that result in some students’ failure. In fact, the installed systems were expensive, but are no operating for lack of funds for maintenance and operation.

Thus, it is important and necessary to study this subject in order to quantify the energy costs on an early stage of the construction and rehabilitation of schools, adjusting the budget availability of the responsible.

For this research work is proposed, in the universe of the elementary schools (1st cycle schools) in the council of Gouveia, identify and characterize the condition of many school buildings and their energy costs, and identify constructive solutions to mitigate these costs.

To achieve this goal it was performed a literature research on the topic under consideration and analyzed the case study focused on the primary schools of the Gouveia municipality.

During this study it was concluded that energy costs in these schools assume high values and the buildings are out of the comfort levels normally advisable. So it is recommended to do specific interventions in order to reduce these costs and leading to the fulfilling of the thermal comfort requirements.



## **ÍNDICE**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Metodologia	1
1.4. Estrutura	2
<b>2. PARQUE ESCOLAR</b>	<b>3</b>
2.1. Evolução Histórica	3
<b>3. ANOMALIAS/PATOLOGIAS MAIS FREQUENTES EM EDIFÍCIOS</b>	<b>9</b>
<b>4. CONFORTO HIGROTÉRMICO E QUALIDADE DO AR INTERIOR</b>	<b>17</b>
<b>5. CASO DE ESTUDO</b>	<b>25</b>
5.1. Escolas do 1º Ciclo de Gouveia - Caraterização	25
5.1.1. Escola do 1º Ciclo de Arcozelo da Serra	25
5.1.2. Escola do 1º Ciclo de Folgosinho	26
5.1.3. Escola do 1º Ciclo de Lagarinhos	26
5.1.4. Escola do 1º Ciclo de Melo	27
5.1.5. Escola do 1º Ciclo de Moimenta	28

5.1.6.	Escola do 1º Ciclo de Paços da Serra	29
5.1.7.	Escola do 1º Ciclo de S. Paio	29
<b>5.2.</b>	<b>Anomalias/patologias detetadas nos edifícios em estudo</b>	<b>30</b>
<b>5.3.</b>	<b>Condições ambientais interiores</b>	<b>37</b>
<b>5.4.</b>	<b>Inquérito de conforto</b>	<b>44</b>
<b>5.5.</b>	<b>Comportamento Térmico do Edifício</b>	<b>52</b>
5.5.1.	Proposta de reabilitação	71
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>91</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>93</b>
	<b>ANEXO A – RELATÓRIOS DE INSPEÇÃO ÀS ESCOLAS E INQUÉRITO DE CONFORTO</b>	<b>97</b>



## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS CAUSAS DE FISSURAÇÃO EM PAREDES .....	10
TABELA 2 – TIPOS DE AR SEGUNDO A EN 13779 .....	17
TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO DO AR INTERIOR .....	18
TABELA 4 – QUADRO RESUMO DE TODAS AS PATOLOGIAS DETETADAS NAS SALAS DE AULA DOS EDIFÍCIOS ESCOLARES .....	33
TABELA 5 - QUADRO RESUMO DE TODAS AS PATOLOGIAS DETETADAS NOS HALLS DOS EDIFÍCIOS ESCOLARES .....	34
TABELA 6 - QUADRO RESUMO DE TODAS AS PATOLOGIAS DETETADAS NAS INSTALAÇÕES SANITÁRIAS DOS EDIFÍCIOS ESCOLARES .....	35
TABELA 7 - QUADRO RESUMO DE TODAS AS PATOLOGIAS DETETADAS NOS PÁTIOS DOS EDIFÍCIOS ESCOLARES .....	35
TABELA 8 - QUADRO RESUMO DE TODAS AS PATOLOGIAS DETETADAS NAS FACHADAS DOS EDIFÍCIOS ESCOLARES .....	36
TABELA 9 – ANÁLISE GLOBAL DOS DADOS REGISTADOS.....	38
TABELA 10 – ANÁLISE NO PERÍODO DE FUNCIONAMENTO DO EDIFÍCIO ESCOLAR .....	40
TABELA 11 – VALORES DE CO <sub>2</sub> REGISTADOS NO INTERIOR DO EDIFÍCIO ESCOLAR.....	42
TABELA 12 – DADOS CLIMÁTICOS DE REFERÊNCIA.....	58
TABELA 13 – MEDIÇÕES DA ENVOLVENTE EXTERIOR .....	58
TABELA 14 – MEDIÇÃO DO PAVIMENTO EM CONTATO COM O SOLO .....	58
TABELA 15 – PONTES TÉRMICAS LINEARES NA ENVOLVENTE EXTERIOR.....	58

TABELA 16 – VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES.....	59
TABELA 17 – MEDIÇÕES DA ENVOLVENTE INTERIOR .....	60
TABELA 18 – PERDAS ASSOCIADAS À ENVOLVENTE EXTERIOR (PAREDES EXTERIORES) .....	60
TABELA 19 – PERDAS ASSOCIADAS À ENVOLVENTE EXTERIOR (PAREDES E PAVIMENTOS EM CONTATO COM O SOLO).....	60
TABELA 20 – PERDAS ASSOCIADAS À ENVOLVENTE EXTERIOR (PONTES TÉRMICAS LINEARES) .....	61
TABELA 21 – PERDAS ASSOCIADAS À ENVOLVENTE INTERIOR .....	61
TABELA 22 – PERDAS ASSOCIADAS AOS VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES .....	62
TABELA 23 – PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR.....	62
TABELA 24 – GANHOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (INVERNO).....	63
TABELA 25 – GANHOS TOTAIS ÚTEIS .....	64
TABELA 26 – ÁREAS DOS ELEMENTOS .....	64
TABELA 27 – COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS .....	65
TABELA 28 – PERDAS ESPECÍFICAS TOTAIS .....	65
TABELA 29 – GANHOS SOLARES PELA ENVOLVENTE OPACA.....	66
TABELA 30 – GANHOS SOLARES PELOS VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES .....	67
TABELA 31 – GANHOS INTERNOS TOTAIS (kWh).....	68
TABELA 32 – GANHOS TÉRMICOS TOTAIS .....	68
TABELA 33 – NECESSIDADES NOMINAIS DE ARREFECIMENTO.....	69

TABELA 34 – CUSTOS DE FONTE ENERGÉTICA .....	69
TABELA 35 – CÁLCULO DA INÉRCIA TÉRMICA INTERIOR.....	74
TABELA 36 – MEDIÇÕES DA ENVOLVENTE EXTERIOR .....	75
TABELA 37 – MEDIÇÃO DO PAVIMENTO EM CONTATO COM O SOLO .....	75
TABELA 38 – PONTES TÉRMICAS LINEARES NA ENVOLVENTE EXTERIOR.....	75
TABELA 39 – VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES.....	76
TABELA 40 – MEDIÇÕES DA ENVOLVENTE INTERNA.....	77
TABELA 41 – PERDAS ASSOCIADAS À ENVOLVENTE EXTERIOR (PAREDES EXTERIORES) .....	77
TABELA 42 – PERDAS ASSOCIADAS À ENVOLVENTE EXTERIOR (PAREDES E PAVIMENTOS EM CONTATO COM O SOLO).....	77
TABELA 43 – PERDAS ASSOCIADAS À ENVOLVENTE EXTERIOR (PONTES TÉRMICAS LINEARES) .....	78
TABELA 44 – PERDAS ASSOCIADAS À ENVOLVENTE INTERIOR .....	78
TABELA 45 – PERDAS ASSOCIADAS AOS VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES .....	79
TABELA 46 – PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR.....	79
TABELA 47 – GANHOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (INVERNO).....	80
TABELA 48 – GANHOS TOTAIS ÚTEIS .....	81
TABELA 49 – ÁREAS DOS ELEMENTOS .....	82
TABELA 50 – COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS .....	82
TABELA 51 – PERDAS ESPECÍFICAS TOTAIS.....	83

TABELA 52 – GANHOS SOLARES PELA ENVOLVENTE OPACA .....	83
TABELA 53 – GANHOS SOLARES PELOS VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES .....	84
TABELA 54 – GANHOS INTERNOS TOTAIS (KWH).....	85
TABELA 55 – GANHOS TÉRMICOS TOTAIS .....	85
TABELA 56 – NECESSIDADES NOMINAIS DE ARREFECIMENTO.....	86
TABELA 57 – CUSTOS DE FONTE ENERGÉTICA APÓS A CORREÇÃO TÉRMICA .....	87
TABELA 58 – CUSTOS DA INTERVENÇÃO PROPOSTA .....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – ANÁLISE GLOBAL DA EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA.....	37
FIGURA 2 – ANÁLISE DA TEMPERATURA NO PERÍODO DE FUNCIONAMENTO DO EDIFÍCIO .....	38
FIGURA 3 – ANÁLISE DA TEMPERATURA NO PERÍODO INATIVO DO EDIFÍCIO .....	39
FIGURA 4 – ANÁLISE GLOBAL DA EVOLUÇÃO DA HUMIDADE RELATIVA .....	40
FIGURA 5 – ANÁLISE DA HUMIDADE RELATIVA NO PERÍODO DE FUNCIONAMENTO DO EDIFÍCIO.....	41
FIGURA 6 – ANÁLISE DA HUMIDADE RELATIVA NO PERÍODO INATIVO DO EDIFÍCIO.....	42
FIGURA 7 – DIAGRAMA DE GIVONI.....	43
FIGURA 8 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 1ª PARTE .....	44
FIGURA 9 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 2ª PARTE .....	45
FIGURA 10 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 3ª PARTE .....	45
FIGURA 11 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 4ª PARTE .....	46
FIGURA 12 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 5ª PARTE .....	46
FIGURA 13 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 6ª PARTE .....	46
FIGURA 14 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 7ª PARTE .....	47
FIGURA 15 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 8ª PARTE .....	47
FIGURA 16 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 9ª PARTE .....	48
FIGURA 17 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 10ª PARTE .....	48

FIGURA 18 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 11ª PARTE .....	49
FIGURA 19 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 12ª PARTE .....	49
FIGURA 20 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 13ª PARTE .....	50
FIGURA 21 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 14ª PARTE .....	50
FIGURA 22 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 15ª PARTE .....	51
FIGURA 23 - INQUÉRITO DE CONFORTO – 16ª PARTE .....	51
FIGURA 24 – PLANTA DO RÉS-DO-CHÃO .....	52
FIGURA 25 - PLANTA DO 1º ANDAR .....	52
FIGURA 26 – PORMENOR DA PAREDE EXTERIOR.....	53
FIGURA 27 – PORMENOR DA PAREDE INTERIOR .....	53
FIGURA 28 – PORMENOR DA LAJE DE ESTEIRA .....	53
FIGURA 29 – PORMENOR DA LAJE ENTRE PISOS.....	54
FIGURA 30 – PORMENOR DA LAJE DE PAVIMENTO TÉRREO .....	54
FIGURA 31 – ENVOLVENTE VERTICAL DO EDIFÍCIO (RÉS-DO-CHÃO).....	55
FIGURA 32 – ENVOLVENTE VERTICAL DO EDIFÍCIO (1º ANDAR).....	55
FIGURA 33 – ENVOLVENTE HORIZONTAL EM CONTATO COM O SOLO .....	55
FIGURA 34 – ENVOLVENTE HORIZONTAL SEM REQUISITOS .....	56
FIGURA 35 – ENVOLVENTE HORIZONTAL INTERIOR (ENTRE 1º ANDAR E COBERTURA) .....	56
FIGURA 36 – BALANÇO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO .....	70

FIGURA 37 – PLANTA DO RÉS-DO-CHÃO COM AS NOVAS DIMENSÕES .....	71
FIGURA 38 – PLANTA DO 1º ANDAR COM AS NOVAS DIMENSÕES .....	71
FIGURA 39 – PORMENOR DA PAREDE DE GRANITO A INTERVENCIONAR .....	72
FIGURA 40 – PORMENOR DA PAREDE DE ALVENARIA DE TIJOLO A INTERVENCIONAR .....	72
FIGURA 41 – PORMENOR DA LAJE DE ESTEIRA A INTERVENCIONAR .....	73
FIGURA 42 – PORMENOR DA LAJE DE PAVIMENTO TÉRREO A INTERVENCIONAR.....	73
FIGURA 43 – BALANÇO ENERGÉTICO APÓS CORREÇÃO TÉRMICA .....	87





## **LISTA DE ACRÓNIMOS**

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

FMEA – Failure Mode and Effects Analysis

RSA – Regulamento de Segurança e Ações

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

ISO - International Organization for Standardization

UV – Ultra Violetas

QAI – Qualidade do Ar Interior

EN – Norma Europeia

NP – Norma Portuguesa

AVAC – Aquecimento, ventilação e ar condicionado

ITE – Informação Técnica

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

NPV – Net Present Value



# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. Enquadramento**

Com o atual programa de renovação do Parque Escolar, observa-se que os custos de manutenção e exploração dos edifícios escolares têm aumentado drasticamente, tornando-se incomportáveis para os magros orçamentos das escolas, Juntas de Freguesia e/ou Autarquias. Resultante deste facto verifica-se que os responsáveis das escolas são obrigados, muitas vezes, a desligar os sistemas de aquecimento e arrefecimento, conduzindo a situações de desconforto que se podem traduzir em insucesso escolar.

Torna-se então importante e necessário estudar este assunto de modo a conseguir-se quantificar antecipadamente os custos energéticos em edifícios escolares, ajustando-os à disponibilidade orçamental dos donos de obra.

## **1.2. Objetivos**

Utilizando como caso de estudo as Escolas do 1º ciclo do Ensino Básico do Município de Gouveia, ir-se-á: 1) identificar e caracterizar o estado de conservação dos edifícios em causa; 2) analisar e descrever as diferentes necessidades de intervenção; 3) analisar as anteriores intervenções de manutenção; 4) identificar opções construtivas em projeto que resultaram em patologias importantes com necessidade de intervenção; 5) analisar custos energéticos dos edifícios durante o ciclo de vida, relacionando-os com as soluções construtivas e o custo do próprio edifício.

## **1.3. Metodologia**

Para a realização deste trabalho, num primeiro momento efetuar-se-á uma pesquisa bibliográfica que incidirá sobre as anomalias/patologias mais frequentes em edifícios, assim como no conforto higrotérmico e na qualidade do ar interior. Após esta pesquisa ir-se-á abordar o caso de estudo que incide sobre as escolas do 1º Ciclo do concelho de

Gouveia. Nesta análise ir-se-á, a partir de visitas efetuadas às referidas escolas, observar quais as anomalias mais frequentes, assim como as condições ambientais interiores existentes e o comportamento térmico do edifício. Finalmente, após esta análise, efetuar-se-á uma proposta de intervenção nos edifícios escolares de forma a reduzir os custos energéticos destes.

## **1.4. Estrutura**

O presente trabalho encontra-se dividido em sete capítulos: Introdução, Parque Escolar, Anomalias/Patologias mais frequentes em edifícios, Conforto Higrotérmico e Qualidade do Ar Interior, Caso de Estudo, Conclusões e Bibliografia. No final inclui também uma lista de Anexos referentes a Relatórios de Inspeção Realizados. No primeiro capítulo faz-se o todo o enquadramento do tema deste trabalho, desde os objetivos a que se propõe, até à metodologia utilizada.

No segundo capítulo, Parque Escolar, analisar-se-á a evolução do Parque Escolar português ao longo das décadas.

Já no terceiro capítulo, ir-se-ão abordar as anomalias mais frequentes em edifícios, as suas causas e soluções construtivas. Da mesma forma, o estudo apresentado no quarto capítulo incidirá sobre o conforto termo-higrométrico e a qualidade do ar interior.

Será no quinto capítulo que este trabalho se debruçará sobre o caso de estudo. Aqui, analisar-se-á a rede de escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico do Concelho de Gouveia, fazendo-se a sua caracterização, a identificação de anomalias, a análise das condições ambientais interiores (temperatura, humidade relativa e quantidade de dióxido de carbono) e do comportamento térmico dos edifícios, assim como propostas de intervenção de reabilitação destes.

Por fim, no sexto capítulo apresentar-se-ão as conclusões deste trabalho.

## **2. PARQUE ESCOLAR**

### **2.1. Evolução Histórica**

Ao contrário do que aconteceu no Norte da Europa, só aquando da emergência do Estado-Nação em Portugal é que se passou a imputar ao Sistema Escolar um papel educador, até aí pertença da Igreja e das comunidades locais [Almeida (2004)].

Com a Reforma de 1836 de Passos Manuel, foi então instituída a obrigatoriedade de frequência do Ensino Primário para todas as crianças seguida da Reforma de Costa Cabral em 1844 onde foram regulamentadas as medidas que efetivaram essa obrigatoriedade, inclusive as implicações para os pais que não assegurassem a escolarização dos seus filhos.

É com a I República que a educação passa a ser vista como um instrumento vital para a estabilização do regime assim como um fator de legitimação do poder. Segundo Fernandes, citado por Almeida (2004), para António Sérgio a educação cívica não se limitava a uma simples mudança radical do processo pedagógico mas também numa organização dos alunos na forma de Município Escolar, de forma a criar também um bom município.

Contudo, o papel dos municípios nunca foi pacífico e, segundo Fernandes (1992), apesar da transferência de encargos financeiros do Estado para as Câmaras Municipais, o mesmo não aconteceu relativamente às competências na elaboração e controlo do projeto educativo.

Foi no ano de 1935 que a Direcção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, aprovou os projetos tipo regionalizados para as Escolas Primárias. Estes, foram elaborados pelos arquitetos Raul Lino e Rogério de Azevedo, ficando o primeiro Arquiteto responsável por três tipos regionais (o equivalente a doze soluções) e o segundo responsável por seis tipos regionais e um tipo rural (o equivalente a trinta e duas soluções). Este plano, denominado Plano dos Centenários dividia, num primeiro momento, o país em sete regiões para agrupar as construções de acordo com o tipo de construção, mão-de-obra, processos construtivos e semelhanças climáticas. Foram assim definidas as seguintes regiões: Região A – Algarve; Região B – Alentejo; Região C – Estremadura; Região D – Beira Litoral; Região E – Beira Baixa do Sul; Região F – Beira Baixa do Norte, Beira Alta e Minho; Região G – Trás-os-Montes. As escolas para os Distritos do Norte e Centro ficaram a cargo de Rogério de Azevedo, nas quais houve a aplicação de granito, tijolo,

xisto e outras pedras. As plantas repetitivas, apresentavam soluções para 1 sala, 2 salas sobrepostas, 2 salas térreas, 3 e 4 salas.

De 1938 (data de conclusão da construção de cerca de 100 escolas) até 1941, o governo proibiu o início da construção de novos edifícios escolares, até ser aprovado o Plano Geral. Apesar de a partir desta data, nem Raul Lino nem Rogério de Azevedo trabalharem nos projetos das escolas dos centenários, os novos edifícios continuar-se-iam a basear nos projetos regionalizados. Assim, e independentemente das diferenças ao nível das técnicas de construção e de algumas exigências funcionais, os projetos utilizariam o mesmo conceito de espaço/escola. Foi no princípio do ano de 1943 que a Comissão de Reajustamento da Rede Escolar concluiu a redação das instruções para a escolha dos terrenos com destino às edificações das escolas primárias. Segundo Carlos (2005), tais regras seriam:

- Orientação entre Nascente e Sul, com preferência para a banda de Este;
- Uma área não inferior a 2000m<sup>2</sup>, com uma frente adequada às dimensões das fachadas principais dos edifícios;
- Serem terrenos planos e facilitarem geologicamente a construção;
- Terem pontos de água ou serem facilmente abastecíveis;
- Servirem corretamente a filosofia que o Plano dos Centenários previa para a escola.

Contudo, devido à dificuldade de se adquirirem terrenos com as características enunciadas, muitos edifícios ficaram orientados mais a Poente que a Nascente, outros situaram-se em cima de taludes, mas sempre respeitando a área mínima estipulada.

Com a Portaria nº 15760, de 9 de Março, as exigências para os terrenos a utilizar passaram a ser expostas com mais rigor (como por exemplo o escalonamento das áreas mínimas a adquirir em função do número de salas a construir ou o afastamento em relação às povoações).

Na Região Centro, com o aumento do preço dos materiais e da mão-de-obra, as paredes foram adelgadas, os elementos de pedra foram substituídos por cimento, optou-se por uma redução do pé-direito assim como das superfícies de iluminação, entre outros. Com estas alterações, o sentido estético e a qualidade dos edifícios foram reduzidos.

Só a seguir ao 25 de Abril de 1974, e com a Constituição de 76, é que se passa a reconhecer um papel efetivo dos municípios nas tarefas da Instrução e da Administração. Foi também neste ano que se assistiu à publicação por parte do Ministério da Habitação e

Obras Públicas – Direção Geral das Construções Escolares das “Normas sobre construções escolares – Edifícios e Terrenos para escolas primárias” (1977). Com este documento pretendia-se definir as exigências ao nível da ventilação, iluminação natural e proteção solar, ainda que de uma forma muito sucinta. Se se tomar como exemplo o item da iluminação natural, observa-se que apenas se exigia que esta “deveria dar boa distribuição com ausência de contrastes”.

Olhando para a Lei 1/79, de 2 de Janeiro, observa-se que apesar de as autarquias terem já um largo espectro de competências, permanecem pobres a nível financeiro e de recursos humanos o que leva a que a sua intervenção na construção e manutenção de edifícios escolares não seja mais do que uma participação nos custos da educação. Este facto só se altera já no ano de 1986 com a publicação da Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei nº46/86, de 14 de Outubro). Em 1992, o Ministério da Educação – Direção Geral de Administração Escolar, publica “Escolas para crianças dos 6 aos 10 anos: indicações para conceção e construção de instalações para o Ensino Básico – 1º Ciclo”. Com este documento vem então a preocupação de dotar os edifícios escolares de espaços não existentes nos edifícios do Plano dos Centenários. Deste modo verificaram-se diversas intervenções neste tipo de edifícios que, consoante a disponibilidade financeira, foram desde a remodelação até à ampliação destes. Ainda neste documento de 1992, verifica-se a existência de um capítulo dedicado ao conforto. Logo no início deste capítulo é referido que “a escola tem de ser uma referência de bem-estar” sendo a orientação geográfica, a fenestração, o conforto higrotérmico e a renovação do ar os itens que são abordados.

No que respeita à orientação geográfica, define-se a opção por encostas suaves voltadas a Sul-Nascente, com boa exposição solar assim como a opção por uma volumetria que seja adequada ao percurso solar diário e anual de forma a permitir abrigo de ventos e chuvas dominantes. É prevista ainda a criação de pátios interiores ou semiabertos que possam funcionar como espaços de inércia térmica. Sugere-se ainda a organização dos espaços interiores tendo em conta a orientação da fenestração.

Para as áreas envidraçadas o documento define que no Inverno seja permitida a entrada de raios solares no interior dos espaços de ensino e que, no Verão, os vãos sejam protegidos com portadas ou outros elementos. Da mesma forma é dito ainda que deve ser reduzido ao mínimo a abertura de vãos para norte de forma a evitar perdas térmicas durante o Inverno, assim como para poente para evitar grande incidência solar durante o verão.

No que concerne ao conforto termo-higrométrico, é dito que os edifícios escolares devem ser de construção pesada, possuindo forte inércia térmica. As fundações e a cobertura devem ser térmica e higrometricamente isoladas e as paredes duplas com o pano de maior espessura para o interior. Com este documento define-se pela primeira vez níveis de conforto térmico dentro do edifício, sendo estes balizados entre os 17°C e os 24°C, para o inverno e o verão respetivamente, tendo em consideração um valor médio de humidade relativa entre os 35% e 70%.

Contudo, ao analisar-se o RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios), publicado em 1990 pelo Decreto-Lei nº40/90, de 6 de Fevereiro, verifica-se que os níveis de conforto térmico apontados dentro de um edifício deveriam situar-se entre os 18°C e os 25°C (inverno e verão respetivamente). Deste modo, verifica-se desde logo uma indefinição na apresentação de valores de conforto térmico, ainda para mais tendo em conta que o documento lançado em 1992 pelo Ministério da Educação, faz referências à existência do RCCTE. Assim, torna-se necessário analisar e discutir quais os valores de conforto térmico pretendidos no interior dos edifícios escolares.

O Ministério da Educação, partindo da premissa de que “a gestão democrática dos estabelecimentos dos ensinos básicos e secundário constitui uma referência importante na evolução da escola portuguesa” (Decreto-Lei nº 172/91, de 10 de Maio), deu início a uma nova fase no relacionamento com os municípios, onde estes deixam de ser considerados simples contribuintes líquidos da educação escolar e passaram a ser vistos como parceiros na gestão dos interesses públicos educativos a par do Estado. Assim, apostou-se na formação de Agrupamentos de Escolas com o Decreto-Lei nº 115-A/98, de 4 de Maio. Este crescimento da participação municipal na escola, vai de encontro à recomendação da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI que diz que “há que procurar abrir as instituições educativas às necessidades da sociedade, introduzir fatores de dinamismo nos mecanismos internos da gestão educativa (...), associar os diferentes intervenientes sociais à tomada de decisões” [Delors et al. (1996)].

A Lei nº 159/99 de 14 de Setembro, estabelece o quadro de transferência de atribuições e competências para as autarquias locais e fixa regras de delimitação da intervenção das administrações central e local. Deste modo, no artigo 11º fica definido que o património assim como os equipamentos afetos a investimentos públicos em domínios públicos transferidos para as autarquias locais, passam a ser património da autarquia.



A Lei nº 169/99 de 18 de Setembro estabelece o quadro de competências assim como o regime jurídico de funcionamento, dos órgãos dos municípios e das freguesias. Assim, este diploma estabelece que compete à Câmara Municipal “participar em órgãos de gestão de entidades da administração central, nos casos, nos termos e para os efeitos estabelecidos por lei” (artigo 64º, nº2, alínea g).

Segundo Rosário (2009), as competências definidas por estes três diplomas vão de encontro às conclusões do XI Congresso da Associação Nacional de Municípios (27 e 28 de Março de 1998), que, no âmbito da autonomia e gestão escolares propõe:

- A existência de um projeto educativo de âmbito municipal, ao qual se devem submeter as escolas; instituir os contratos tripartidos Ministério da Educação, Município e Escolas;
- Aprovação duma lei de financiamento das escolas; prestação de contas pela escola, não só à Administração, mas à comunidade.

Já no ano de 2003, é publicado o Decreto-Lei nº 7/03, de 15 de Janeiro, alterado pela Lei nº41/03, de 22 de Agosto. Este Decreto, que regulamenta os conselhos municipais de educação e aprova o processo de elaboração de carta educativa, transfere competências para as autarquias locais. É também definido que os conselhos municipais de educação são instâncias de coordenação e consulta que têm por objetivo promover, a nível municipal, a coordenação da política educativa, articulando a intervenção, no âmbito do sistema educativo, dos agentes educativos e dos parceiros sociais interessados, analisando e acompanhando o funcionamento do referido sistema e propondo as ações consideradas adequadas à promoção de maiores padrões de eficiência e eficácia.



### **3. ANOMALIAS/PATOLOGIAS MAIS FREQUENTES EM EDIFÍCIOS**

Segundo Marques (2012), as cada vez mais rigorosas exigências de desempenho, acompanhadas pela falta de manutenção e intensa utilização das escolas, provocam um elevado nível de degradação dos elementos, surgindo assim anomalias de desempenho, cada vez mais complexas. Torna-se então cada vez mais necessário reunir, registrar e analisar informação sobre as anomalias construtivas de forma sistemática [Azzalin, M. et al (2005)]. Existem diversos métodos de classificação de anomalias construtivas. Segundo Pereira (2012), um destes métodos consiste em distinguir “anomalias diretas” e anomalias “indiretas”, de acordo com a influência e sequência de acontecimentos que conduzem aos primeiros sintomas. Outra metodologia aplicável é a FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), que identifica os tipos de degradação que afetam a envolvente, estabelecendo uma relação entre o estado de degradação dos elementos e o seu nível de desempenho (Marques, 2012). Também o LNEC (2007) desenvolveu o “Método de avaliação do estado de conservação de edifícios”, onde a cada anomalia é atribuído um elemento funcional, sendo atribuídos a ambos ponderações de acordo com a relevância dos elementos e a gravidade das anomalias.

A metodologia de caracterização de anomalias adotada no desenvolvimento desta dissertação, na elaboração dos relatórios de inspeção, foi limitada à inspeção visual no local, sem recurso a outros meios de diagnóstico e inspeção dos elementos de construção.

Segundo Pereira (2005), as paredes de alvenaria são o principal foco de anomalias nos edifícios, sendo as mais comuns: a fissuração de paredes exteriores e interiores, a manifestação de problemas associados à estanquidade de água e humidades, e por consequência a degradação dos revestimentos e acabamentos. De um modo simplista, é possível identificar quatro “gerações” de patologias de paredes de alvenaria [Silva (2002)]:

- primeira geração: paredes de pedra que apresentam elevadas perdas de calor e grande probabilidade de condensações generalizadas;
- segunda geração: paredes de tijolo furado que são muito sensíveis à humidade;
- terceira geração: paredes duplas com isolamento térmico, que materializam as pontes térmicas e a sua correção através de paredes simples com isolamento

térmico pelo exterior com revestimento delgado armado ou proteção da estrutura com elementos cerâmicos furados;

- quarta geração: fungos, empolamentos, deteriorações localizadas e falta de planeza (nas paredes de pedra), fissuração e instabilidade (nas paredes de tijolo).

Da mesma forma, segundo este autor, é possível sistematizar as principais causas de fissuração, conforme se apresenta na Tabela 1:

**Tabela 1 – Classificação das principais causas de fissuração em paredes**

<b>Causas de Fenómenos de Fissuração</b>	<b>Aspetos particulares</b>
Movimentos da fundação	Assentamentos diferenciais de fundações diretas Variação do teor de humidade dos solos argilosos Heterogeneidade e deficiente compactação de aterros
Ações de cargas	Concentração de cargas e de esforços
Deformação do suporte da parede	Pavimento inferior mais deformável que o superior Pavimento inferior menos deformável que o superior Pavimento inferior e superior com deformação idêntica Fissuração devida à deformação de consolas Fissuração devida à rotação do pavimento no apoio
Variações de temperatura	Fissuração devida aos movimentos das coberturas Fissuração devida aos movimentos das estruturas reticuladas Fissuração devida aos movimentos da própria parede
Variações de humidade	Movimentos reversíveis e irreversíveis Fissuração devida à variação do teor de humidade por causas externas Fissuração devida à variação natural do teor de humidade dos materiais Fissuração devida à retração das argamassas Fissuração devida à expansão irreversível do tijolo
Ação do gelo	Fissuração devida a condições climatéricas muito desfavoráveis Fissuração devida à vulnerabilidade dos materiais
Ataques químicos	Hidratação retardada da cal Expansão das argamassas por ação dos sulfatos Corrosão das armaduras e outros elementos metálicos
Outros casos de fissuração	Ações acidentais (sismos, incêndios, impactos fortuitos) Retração da argamassa e expansão irreversível do tijolo Choque térmico Envelhecimento e degradação natural dos materiais e das estruturas Paredes de bloco de betão (situações particulares) Revestimentos Paredes com funções estruturais

É também possível dividir a fissuração em fissuração mapeada – caracterizada pela abertura de fissuras de pequena espessura sem orientação preferencial – e fissuração orientada – caracterizada pela abertura de fissuras de pequena espessura com orientação preferencial [Marques (2012)]. Segundo Pereira (2012), a fissuração mapeada está normalmente associada a revestimentos contínuos, onde as fissuras se vão ramificando sucessivamente, acabando por formar um padrão numa área relativamente abrangente, surgindo quando o material fissurado esgotou a sua capacidade de deformação. Por outro lado, a fissuração orientada respeita a suportes e pode apresentar fissuras verticais, horizontais ou oblíquas causadas pelo mesmo fator citado na fissuração mapeada.

Outra anomalia muito comum em paredes de alvenaria é a desagregação da alvenaria. A entrada de água infiltrada, seja de águas da chuva seja devido à humidade ascensional do terreno, são as principais causas desta deterioração, afetando deste modo a consistência e coesão das alvenarias [Vicente et al (2006)]. Quando se aborda a desagregação de alvenarias e os destacamentos de tinta observados numa fachada é de todo importante identificar os fatores de degradação que afetam a vida útil dos materiais que compõe a referida fachada. Assim, segundo Garrido (2010), os fatores de degradação podem ser divididos em fatores externos ao material – caso dos agentes de degradação – e em fatores internos – que estão associados às características intrínsecas do material ou à interação deste com os outros elementos construtivos. Então, e segundo o mesmo autor (baseado na ISO 6241:1984), como agentes de degradação têm-se:

- Agentes mecânicos
- Gravíticos – cargas devidas à neve e/ou à água das chuvas;
- Forças e deslocamentos – formação de gelo, expansão e contração, deslizamento de terras, fluência;
- Energia cinética – impactos, tempestades de areia, golpes de aríete (canalizações);
- Vibrações e ruídos – escavação de túneis, vibrações devidas ao trânsito ou a aparelhos instalados, sismos, explosões.
- Agentes eletromagnéticos
- Radiação – solar (UV), radiação radioativa;
- Eletricidade – reações eletrolíticas, relâmpagos;
- Magnetismo – campos magnéticos.
- Agentes térmicos

- Níveis extremos ou alterações – calor, temperaturas abaixo de zero graus Celsius, choques térmicos, incêndios.
- Agentes químicos
- Água e solventes – humidade do ar, água freática, álcool;
- Agentes oxidantes – oxigénio, desinfetantes, lixívia;
- Agentes redutores – sulfitos, amónia, agentes comburentes;
- Ácidos – Ácido carbónico, dejetos de aves, vinagres;
- Bases – Cal, hidróxidos, cimento;
- Sais – Nitratos, fosfatos, cloretos;
- Quimicamente neutros – poeiras, calcários, gorduras, óleos, tintas;
- Agentes biológicos
- Vegetais e microbiais – bactérias, bolores, fungos, algas, raízes;
- Animais – roedores, insetos, aves.

Outra das anomalias mais comuns em edifícios é a humidade. Seja pela capacidade de provocar alergias e asma nos ocupantes do edifício, seja pela sua influência negativa na estrutura deste, torna-se importante observar este fenómeno. Segundo Freitas (1992), é também a humidade uma das causas primordiais das patologias observadas nas envolventes dos edifícios. Então é de extrema importância conhecer e saber identificar as diferentes formas de anomalias que se podem manifestar devido à presença de humidade. Assim, as principais formas de manifestação de humidades são [Torres (2012)]:

- Humidade da construção – No final da construção de um edifício há milhares de litros de água em excesso (provenientes por exemplo das argamassas, dos betões, da molhagem dos tijolos ou da exposição à chuva dos materiais na fase de obra). Deste modo, como eventuais consequências desta anomalia tem-se o surgimento de expansão ou destaque dos materiais constituintes, condensações ou manchas de humidade. Contudo, o surgimento deste tipo de humidade cessa ao fim de um período não muito longo (cerca de dois anos).
- Humidade de precipitação – A ação da chuva e do vento provocam nas paredes molhagem que por sua vez provoca o humedecimento dos materiais (e eventual redução de resistência térmica). Deste modo, como consequências têm-se: manchas de humidade nos paramentos interiores, escorrências, deterioração de revestimentos, surgimento de bolores, fungos e condensações, eflorescências,

criptoflorescências e higroscopicidade. Neste tipo de humidade, e com tempo seco, as manchas e escorrências podem desaparecer, contudo os efeitos secundários poderão persistir.

- Condensações – Há dois tipos de condensações: superficial (que pode ser generalizada ou localizada nas pontes térmicas) e interior. Como consequências deste tipo de humidade têm-se: surgimento de humificação, fungos e bolores, deterioração dos revestimentos, insalubridade e higroscopicidade.
- Higroscopicidade dos materiais. A higroscopicidade é resultante dos sais solúveis (higroscópicos: cloretos, hitritos e hitratos; não higroscópicos: sulfatos e carbonatos) provenientes do solo e dos materiais de construção, que se misturam na água e migram para a superfície onde sofrem evaporação e cristalização, dando assim lugar a eflorescências e criptoflorescências. É de referir que os ciclos de dissolução-cristalização provocam danos e desagregações nos revestimentos. Outro fator a salientar é que a etringite (resultante da combinação de sulfatos com aluminato tricálcico e água) provoca expansão das argamassas e consequente fissuração.
- Causas fortuitas – Humidades resultantes de infiltrações de água de origem pontual como é o caso de: defeitos de construção ou de funcionamento de um equipamento (como por exemplo a rotura de canalizações); causas humanas - seja em caso de acidentes, seja devido à falta de manutenção. A grande dificuldade associada a esta causa é o facto destas anomalias poderem manifestar-se longe da fonte de origem, devido à migração da água no interior dos elementos de construção;
- Humidade ascensional – Este fenómeno acontece quando os materiais de construção (com elevada capilaridade) estão em contato com água ou solos húmidos. A ascensão da água nas paredes depende da porometria dos materiais (quanto menor o diâmetro dos poros, maior a subida da água), da quantidade de água em contato com o material, das condições de evaporação, da espessura do material, da época de construção e da orientação da parede. Como consequência podem surgir: manchas de humidade nas zonas inferiores da parede (junto ao solo), zonas erodidas na parte superior das machas de humidade, eflorescências e criptoflorescências, manchas de bolor e vegetação parasitária (especialmente em zonas pouco ventiladas).

Contudo, apesar desta identificação isolada de cada tipo de humidade, isto não implica que não surjam diferentes tipos de humidade associados entre si.

As infiltrações são outras das anomalias bastante recorrentes em edifícios. Tal como as humidades, este tipo de anomalias pode dever-se a diferentes fatores (Branco et al, 2012):

- Infiltrações diretas da precipitação em paredes elevadas;
- Infiltrações devidas a avarias nas redes de águas e esgotos;
- Infiltrações em paredes enterradas (água dos solos);
- Água de ascensão capilar;
- Infiltrações pela cobertura;
- Infiltrações pelos vãos (falta de estanqueidade);
- Vapor de água (pode originar condensações).

Analisando os efeitos da presença de água em alvenarias de pedra, facilmente se percebe que mesmo nos casos em que a presença deste elemento conduz a anomalias não estruturais, a evolução destas no tempo pode levar ao surgimento de patologias estruturais, tais como as resultantes da desagregação. Aqui, num primeiro momento, a presença de água nos elementos de pedra provoca a desagregação dos revestimentos (pinturas e reboco), tornando estes elementos mais vulneráveis à ação da água. Segue-se então a desagregação das argamassas de ligação e da própria pedra, podendo este facto levar à perda de resistência estrutural (Branco et al, 2012). Também as machas devido a roturas de canalização, ou a fendas existentes nos beirais são bastante comuns neste tipo de anomalias.

A existência de heterogeneidades acentuadas nas características dos materiais constituintes de uma fachada ou laje dão origem a uma diferenciação nas temperaturas superficiais, podendo deste modo ocorrer o fenómeno de termoforese (Jorne, F., 2010).

A presença de fungos e líquenes é outra das anomalias não estruturais muito comum em edifícios. Estes agentes, que constituem ataques químicos, podem provocar alterações de coloração, retenção de água, surgimento de bolores ou libertação de substâncias químicas que levam à erosão química dos paramentos, através de processos bioquímicos (Branco et al, 2012).

Em Rodrigues (2008) encontra-se uma sistematização das principais anomalias que ocorrem nos elementos da envolvente exterior dos edifícios (fachadas, coberturas e vãos), possíveis causas e ações de reparação. É então possível concluir que a relação entre as



anomalias observadas em edifícios e as suas origens é uma questão bastante complexa de se definir, uma vez que muitas vezes existe uma inter-relação entre os elementos agressores e a existência de uma anomalia pode levar ao surgimento de outras. Contudo, é certo que a ausência de manutenção dos diversos elementos constituintes do edifício agrava e propicia o aparecimento de novas anomalias.



## 4. CONFORTO HIGROTÉRMICO E QUALIDADE DO AR INTERIOR

Sem uma boa Qualidade do Ar Interior (QAI) será muito provável o aparecimento de doenças do foro respiratório (Monteiro, 2009). Na verdade, a QAI em edifícios está dependente de vários fatores como: a emissão de poluentes por fontes existentes no interior (casos do tabaco, dos produtos de limpeza, de materiais utilizados nos revestimentos interiores ou mesmo de sistemas de aquecimento e de ar condicionado); a infiltração de poluentes existentes no ar exterior; a acumulação de poluentes devido a condições de ventilação deficientes (Teixeira, 2012). Segundo a EN13779:2007, é possível identificar-se os seguintes tipos de ar, segundo a sua origem, conforme se indica na Tabela 2.

**Tabela 2 – Tipos de ar segundo a EN 13779**

Tipo de ar		Abreviatura	Definição
Outdoor Air	Ar exterior	ODA	Ar que entra no sistema ou através de abertura exterior antes de qualquer tratamento
Supply Air	Insuflação	SUP	Fluxo de ar que entra em sala com tratamento, ou o ar que entra no sistema após tratamento.
Indoor Air	Ar interior	IDA	Ar da sala ou zona tratada
Transferred Air	Ar transferido	TRA	Ar interior que passa de sala tratada para outra sala tratada
Extract Air	Extração	ETA	Fluxo de ar que sai da sala tratada
Recirculation Air	Retorno	RCA	Ar extraído que é devolvido ao sistema de tratamento de ar e é reutilizado
Exhaust Air	Exaustão	EHA	Fluxo de ar descarregado para a atmosfera
Secondary Air	Recirculação	SEC	Fluxo de ar tirado de uma sala e que retorna a esta após ser tratado
Leakage	Fuga	LEA	Fluxo de ar indesejável obtido através de fugas no sistema
Infiltration	Infiltração	INF	Fugas de ar dentro do edifício através de fugas pelos elementos da estrutura que a separam do exterior
Exfiltration	Exfiltração	EXF	Fugas de ar para fora do edifício através de fugas pelos elementos da estrutura que a separam do exterior
Mixed Air	Mistura	MIA	Ar que contém dois ou mais fluxos de ar

Da mesma forma, esta Norma classifica os diversos tipos de ar interior nas classes que figuram na Tabela 3:

**Tabela 3 – Classificação do ar interior**

Ar Interior	Qualidade	l/s.pessoa	$\Delta\text{CO}_2$ (ppm)	Decipol
IDA 1	Ótima	20	350	0,8
IDA 2	Boa	12,5	500	1,2
IDA 3	Média	8	800	2,0
IDA 4	Baixa	5	1200	3,0

Onde Decipol é a contaminação causada por uma pessoa padrão.

Segundo Teixeira (2012), citando Pegas et al (2011), os problemas de qualidade do ar interior em escolas podem ser bastante graves quando comparados com outros edifícios, uma vez que a densidade de ocupação é em norma maior e o fornecimento de ar exterior é muitas vezes insuficiente. Na verdade, sem uma ventilação adequada a presença de microrganismos no ar respirado dentro das salas será uma realidade, podendo ter efeitos indesejáveis na saúde dos ocupantes provocando (Monteiro, 2009):

- Irritação nos olhos, nariz, garganta e pele;
- Reações alérgicas, sob a forma de rinite, sinusite e asma;
- Reações tóxicas provocadas pelas micotoxinas, endotoxinas e exotoxinas;
- Infecções graves, do foro pulmonar, tais como: a doença do legionário, tuberculose, pneumonias ou criptocose.

Deste modo, torna-se fundamental garantir uma boa ventilação no interior dos edifícios de forma a garantir o equilíbrio entre o ar que entra e o que sai, para que se possam condicionar as concentrações de poluentes existentes no ar interior assim como as necessidades energéticas do edifício (Santamouris et al, 1998).

Para além destes factos é ainda importante referir que, segundo Teixeira (2012), uma fraca qualidade do ar interior pode conduzir a uma diminuição da capacidade intelectual dos ocupantes.

Em Portugal a NP 1037-1:2002 define as regras a que devem obedecer os sistemas de ventilação natural de forma a garantir a qualidade do ar interior. Assim, este documento define que:

- A ventilação deve ser geral e permanente – mesmo quando a temperatura no exterior obrigue a manter as janelas fechadas;
- A disposição dos compartimentos e orientação das aberturas devem ser coordenadas com a direção do vento de forma a favorecer a admissão de ar;
- Uma vez que o efeito térmico (ventilação devida a uma diferença de temperatura superior a 8°C entre o interior e o exterior) está essencialmente ligado ao Inverno, torna-se necessário considerar em separado a situação de ventilação na estação fria e em situação de Verão;
- As exigências de ventilação são traduzidas através de caudais-tipo (elemento de ventilação e não um caudal a assegurar fisicamente);
- A limitação da permeabilidade da envolvente passa pela limitação da permeabilidade das janelas e portas em função da sua exposição ao vento (definida no RSA);
- A admissão de ar deve proceder-se nos compartimentos principais através de:
  - Aberturas na fachada;
  - Conduatas verticais individuais ou coletivas ligadas à conduta horizontal na base do edifício e com tomadas de ar em fachadas opostas.
- A passagem de ar dos compartimentos principais para os de serviço deve ser garantida através de aberturas permanentes nos elementos de compartimentação interior;
- As aberturas de exaustão servidas por conduatas coletivas ou individuais devem ter secção uniforme em todos os pisos, com exceção dos últimos cinco pisos;
- A exaustão de ar nos compartimentos de serviço é realizada através de conduatas individuais ou coletivas.

No entanto, não é só a qualidade do ar interior que propicia a proliferação de microorganismos. Para que estes se possam desenvolver em ambientes interiores é necessário que (Monteiro, 2009):

- Haja uma fonte de microorganismos (interna ou externa)
- Interna: ocupantes e respetivas atividades; materiais de construção e mobiliário; sistemas de AVAC.
- Externa: ar insuflado.
- Existência de água (humidade relativa superior a 70%);
- Existência de nutrientes;
- Temperatura adequada.

Deste modo é também necessário efetuar-se uma análise e controlo higrotérmico para que se possam obter bons índices de qualidade de ar interior e de conforto.

Segundo Rodrigues (2007), o ar atmosférico é constituído por: ar seco e vapor de água, sendo a esta mistura que se dá o nome de ar húmido. Uma vez que o vapor de água funciona como veículo de transferência de energia, torna-se então importante controlar a presença deste na atmosfera envolvente do ser humano para que se torne possível estabelecer o conforto térmico.

A noção de conforto térmico está intimamente ligada à satisfação de aspetos físico-biológicos resultantes da condição de homeotermia do homem [Almeida (2010)]. Segundo Despoina et al (2013) existem significativas diferenças entre os padrões de conforto térmico e as sensações térmicas de crianças (alunos). Desta forma, normas inadequadas podem ter influência significativa no desempenho e bem-estar dos alunos. Para uma melhor perceção do fenómeno da térmica dos edifícios importa primeiro abordar o tipo de trocas térmicas existentes. Assim tem-se [Rodrigues et al (2009)]:

- Trocas devidas à diferença de temperatura entre corpos
  - Condução – Fenómeno em que um fluxo de calor atravessa um material (com duas faces opostas a temperaturas diferentes) e é: proporcional à diferença de temperatura; inversamente proporcional à espessura do material atravessado; proporcional à condutividade do material.

$$q = \frac{(\theta_2 - \theta_1) \times \lambda}{e} = \frac{(\theta_2 - \theta_1)}{R} \quad (W) \quad (1)$$

Onde: q – Fluxo de calor por condução;

$(\theta_2 - \theta_1)$  – Diferença de temperatura;

$\lambda$  - Segundo o ITE 50 (2006), a condutibilidade térmica é uma propriedade dos materiais ou produtos termicamente homogêneos e que traduz a quantidade de calor que atravessa uma espessura unitária de um material, quando entre duas faces planas e paralelas se estabelece uma diferença unitária de temperatura;

e – espessura do material;

R – Resistência térmica do material.

- Convecção – Transmissão de calor no interior de um fluido ou entre este e uma superfície sólida. O fenómeno de convecção pode ser dividido em: convecção natural – onde o movimento do fluido se deve à diferença de pressão resultante das diferenças de temperatura existentes; convecção forçada – que ocorre quando o movimento do fluido é devido a causas exteriores.

$$q = (t - \theta) \times \alpha_c \quad (W) \quad (2)$$

Onde: q – Fluxo de calor por convecção;

t – temperatura do ar;

$(t - \theta)$  – Diferença de temperatura ar/corpo;

$\alpha_c$  – Coeficiente de trocas superficiais por convecção.

- Radiação – Emissão de energia por uma fonte na forma de ondas eletromagnéticas ou partículas de alta energia.

$$q = (\theta_1 - \theta_2) \times \alpha_r \quad (W) \quad (3)$$

Onde: q – Fluxo de calor por radiação;

$(\theta_1 - \theta_2)$  – Diferença de temperatura entre os corpos;

$\alpha_r$  – Coeficiente de trocas superficiais por radiação.

- Trocas térmicas por variação de temperatura de um corpo
  - Inércia térmica – Capacidade de um corpo contrariar as diferenças de temperatura no seu interior, ou seja, de reduzir a transferência ou transmissão de calor.
- Mudança de estado da água
  - A água pode coexistir em diversos estados: líquido, sólido e em vapor.
  - Quando a água condensa sem alterar a sua pressão barométrica atinge-se a temperatura de orvalho.
  - Assim, o vapor de água do ar saturado tem tendência a condensar junto das superfícies frias.

Juntando os diversos tipos de fluxo obtém-se então a seguinte expressão:

$$Q = \frac{(\theta_2 - \theta_1) \times \lambda}{e} + (t - \theta) \times \alpha_c + (\theta_1 - \theta_2) \times \alpha_r (W) \quad (4)$$

O coeficiente de transmissão térmica (U) representa a quantidade de calor que atravessa perpendicularmente um elemento de faces planas e paralelas, por unidade de tempo e de superfície, quando sujeito a um gradiente de temperatura unitário entre os ambientes que separa. Deste modo:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{e}{\lambda} + R_{se}} (W/m^2 \cdot C) \quad (5)$$

Onde:  $R_{si}$  – Resistência superficial interior;

$R_{se}$  – Resistência superficial exterior.

Deste modo é possível relacionar o fluxo com o coeficiente de transmissão térmica através da seguinte expressão:

$$Q = UA\Delta T\Delta\theta (W) \quad (6)$$

Onde: A – Área do elemento analisado;

$\Delta T$  – Intervalo de tempo;

$\Delta\theta$  – Diferença de temperatura.



Segundo Sozer (2010), a envolvente do edifício determina a troca de energia entre o ambiente exterior e os espaços interiores e, portanto, rege o desempenho energético global do edifício. Então, a definição exata da envolvente do edifício pode ajudar significativamente a alcançar os objetivos de aquecimento e arrefecimento e melhorar a eficiência energética.

Em Portugal é através do Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (Decreto-Lei nº80/2006, de 4 de Abril) que estão definidas as regras a cumprir pelos edifícios no que respeita ao conforto térmico. Este documento define os requisitos mínimos a serem respeitados no dimensionamento das soluções térmicas. Para isso, o RCCTE divide o território nacional em três zonas climáticas de Inverno ( $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ) e em três zonas climáticas de Verão ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ). No Anexo III deste documento é apresentada a distribuição dos concelhos de Portugal Continental segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência – número de graus dias de aquecimento, duração da estação de aquecimento, temperatura externa de projeto e amplitude térmica.

Contudo, não existe nenhum documento que tenha uma abordagem centrada nas crianças. Na verdade, existe um vazio de normas e conhecimento baseados na perceção geral de conforto das crianças que, tal como defende Despoina (2013), deveriam estar sintetizados em rigorosos documentos orientadores de dimensionamento e manutenção de edifícios escolares.



## **5. CASO DE ESTUDO**

### **5.1. Escolas do 1º Ciclo de Gouveia - Caracterização**

O concelho de Gouveia conta com oito escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico “Tipo Beira Alta (granito)” reabilitadas na última década e ainda em funcionamento. Assim, as freguesias do Concelho de Gouveia onde estão situadas estas escolas são: Arcozelo da Serra, Folgoso, Lagarinhos, Melo, Moimenta da Serra, Paços da Serra e S.Paio.

#### **5.1.1. Escola do 1º Ciclo de Arcozelo da Serra**

A Escola do 1º Ciclo de Arcozelo da Serra, voltada a Nascente, é formada por um corpo principal que engloba as salas de aula, localizadas no rés-do-chão com uma área de 51m<sup>2</sup>, e um salão de desporto (que resulta da adaptação de duas salas de aula) localizado no primeiro andar com uma área de 107m<sup>2</sup> assim como por um corpo anexo composto pelas instalações sanitárias (com uma área total de 56,8m<sup>2</sup>), por uma arrecadação que alberga a caldeira (a lenha) e por dois pátios tal como é possível observar nos desenhos do Relatório de Inspeção, no Anexo A.

Uma vez que se trata de um edifício construído na época do Plano dos Centenários, onde a separação por sexos era uma realidade, esta característica está saliente na sua organização em planta: duas entradas (uma do lado esquerdo e outra do lado direito) diferenciadas que dão acesso às respetivas salas de aula e pátio correspondente. Contudo, estes traços foram amenizados aquando das obras de requalificação do edifício realizadas já neste século e que resultaram na abertura de uma porta de comunicação entre as duas salas de aula do rés-do-chão assim como na globalização das instalações sanitária que por sua vez dão acesso a ambos os pátios.

Este edifício é constituído por paredes resistentes em alvenaria de pedra, com os pavimentos das salas de aula em lajes de betão e as estruturas das coberturas em madeira, os pavimentos dos pátios em betonilha, os pavimentos das zonas de circulação e das instalações sanitárias revestidas com revestimentos cerâmicos e o revestimento das coberturas em telha cerâmica.

Com as intervenções de requalificação já referidas em cima, os envidraçados (que anteriormente eram constituídos por vidros simples) passaram a ser formados por caixilharias de alumínio com vidros duplos.

### 5.1.2. Escola do 1º Ciclo de Folgosinho

A Escola do 1º Ciclo de Folgosinho, voltada a Sul-Nascente, é formada por um corpo principal que engloba as salas de aula, localizadas no rés-do-chão e no primeiro andar (e com áreas de 45,4m<sup>2</sup> e 55,7m<sup>2</sup>), salas de arrumos (localizadas no rés-do-chão) com uma área de 50m<sup>2</sup> e um gabinete (localizado no primeiro andar) com uma área de 14,8 m<sup>2</sup> assim como por um corpo anexo composto pelas instalações sanitárias (com uma área total de 95 m<sup>2</sup>) e por uma arrecadação que alberga a caldeira (a gásóleo) tal como é possível observar nos desenhos do Relatório de Inspeção, no Anexo A.

Uma vez que se trata de um edifício construído na época do Plano dos Centenários, onde a separação por sexos era uma realidade, esta característica está saliente na sua organização: duas entradas (uma do lado esquerdo e outra do lado direito) diferenciadas que dão acesso às respetivas salas de aula e correspondentes instalações sanitárias. Este edifício é constituído por paredes resistentes em alvenaria de pedra, com os pavimentos das salas de aula formados por lajes de betão e as estruturas das coberturas em madeira, os pavimentos das zonas de circulação e das instalações sanitárias com revestimento cerâmico e o revestimento das coberturas em telha cerâmica.

Com as intervenções de requalificação, os envidraçados (que anteriormente eram constituídos por vidros simples) passaram a ser formados por caixilharia de alumínio com vidros duplos.

### 5.1.3. Escola do 1º Ciclo de Lagarinhos

A Escola do 1º Ciclo de Lagarinhos, voltada a Sul-Nascente, é formada por um único corpo que engloba duas salas de aula com uma área de 57 m<sup>2</sup> cada, zonas de trabalhos com uma área de 12 m<sup>2</sup> e instalações sanitárias (com uma área total de 19,5 m<sup>2</sup>) tal como é possível observar nos desenhos do Relatório de Inspeção, no Anexo A. A arrecadação que alberga a caldeira (a gásóleo) encontra-se num edifício em anexo.

Uma vez que se trata de um edifício construído na época do Plano dos Centenários, onde a separação por sexos era uma realidade, esta característica está saliente na sua organização: duas entradas (uma do lado esquerdo e outra do lado direito) diferenciadas que dão acesso às respetivas salas de aula e correspondentes instalações sanitárias. Este edifício é constituído por paredes resistentes em alvenaria de pedra, as estruturas das coberturas em madeira, os pavimentos das salas de aula em lajes de betão com revestimento cerâmico, das zonas de circulação e das instalações sanitárias em betonilha e o revestimento das coberturas em telha.

Com as intervenções de requalificação já referidas em cima, os envidraçados (que anteriormente eram constituídos por vidros simples) passaram a ser formados por caixilharia de alumínio com vidros duplos.

#### 5.1.4. Escola do 1º Ciclo de Melo

A Escola do 1º Ciclo de Melo, orientada a Sul, é formada por um corpo principal que engloba as salas de aula, com uma área de 47 m<sup>2</sup> e a arrecadação que alberga a caldeira (a gásóleo), por um corpo anexo composto pelas instalações sanitárias (com uma área total de 46 m<sup>2</sup>), e por dois pátios tal como é possível observar nos desenhos do Relatório de Inspeção, no Anexo A.

Uma vez que se trata de um edifício construído na época do Plano dos Centenários, onde a separação por sexos era uma realidade, esta característica está saliente na sua organização: duas entradas (uma do lado esquerdo e outra do lado direito) diferenciadas que dão acesso às respetivas salas de aula e pátio corresponde. Contudo, estes traços foram amenizados aquando das obras de requalificação do edifício realizadas já neste século e que resultaram na criação de uma zona de circulação entre as instalações sanitárias (anteriormente divididas).

Este edifício é constituído por paredes resistentes em alvenaria de pedra, com os pavimentos das salas de aula em lajes de betão e as estruturas das coberturas em madeira, os pavimentos dos pátios em betonilha, os pavimentos das zonas de circulação e das instalações sanitárias com revestimento cerâmico e o revestimento das coberturas em telha cerâmica.

Com as intervenções de requalificação já referidas em cima, os envidraçados (que anteriormente eram constituídos por vidros simples) passaram a ser formados por caixilharias de alumínio com vidros duplos.

#### 5.1.5. Escola do 1º Ciclo de Moimenta

A Escola do 1º Ciclo de Moimenta, orientada a Sul-Nascente, é formada por um corpo principal que engloba as salas de aula, localizadas no rés-do-chão e no primeiro andar, com uma área de 35,5 m<sup>2</sup> assim como por um corpo anexo composto pelas instalações sanitárias (com uma área total de 47 m<sup>2</sup>), por uma arrecadação que alberga a caldeira (a gás/óleo) e por dois pátios tal como é possível observar nos desenhos do Relatório de Inspeção, no Anexo A.

Uma vez que se trata de um edifício construído na época do Plano dos Centenários, onde existia a separação por sexos, esta característica está saliente na sua organização. Duas entradas (uma do lado esquerdo e outra do lado direito) diferenciadas que dão acesso às respetivas salas de aula e pátio corresponde. Contudo, estes traços foram amenizados aquando das obras de requalificação do edifício realizadas já neste século (XXI) e que resultaram na abertura de uma porta de comunicação entre as salas de aula (do rés-do-chão e do primeiro andar) assim como na globalização das instalações sanitária que por sua vez dão acesso a ambos os pátios.

Este edifício é constituído por paredes resistentes em alvenaria de pedra, com os pavimentos das salas de aula em lajes de betão e as estruturas das coberturas em madeira, os pavimentos dos pátios em betonilha, os pavimentos das zonas de circulação e das instalações sanitárias com revestimento cerâmico e o revestimento das coberturas em telha cerâmica.

Com as intervenções de requalificação já referidas em cima, os envidraçados (que anteriormente eram constituídos por vidros simples) passaram a ser formados por vidros duplos envolvidos em caixilharias de alumínio.

### 5.1.6. Escola do 1º Ciclo de Paços da Serra

A Escola do 1º Ciclo de Paços da Serra, voltada a Sul-Nascente, é formada por um corpo principal que engloba as salas de aula, localizadas no rés-do-chão e no primeiro andar, com uma área de 47,5m<sup>2</sup> assim como por um corpo anexo composto pelas instalações sanitárias (com uma área total de 66m<sup>2</sup> e onde se encontra também a caldeira a gasóleo) e por dois pátios tal como é possível observar nos desenhos do Relatório de Inspeção, no Anexo A.

Uma vez que se trata de um edifício construído na época do Plano dos Centenários, durante a qual existia separação por sexos, existiam: duas entradas (uma do lado esquerdo e outra do lado direito) diferenciadas que dão acesso às respetivas salas de aula e pátio corresponde são o reflexo deste fator. Contudo, estes traços foram amenizados aquando das obras de requalificação do edifício realizadas já neste século e que resultaram na abertura de uma porta de comunicação entre as salas de aula (do rés-do-chão e do primeiro andar) assim como na globalização das instalações sanitária que por sua vez dão acesso a ambos os pátios.

Este edifício é constituído por paredes resistentes em alvenaria de pedra, com os pavimentos das salas de aula em lajes de betão e as estruturas das coberturas em madeira, os pavimentos dos pátios em betonilha, os pavimentos das zonas de circulação e das instalações sanitárias com revestimento cerâmico o revestimento das coberturas em telha cerâmica.

Com as intervenções de requalificação já referidas em cima, os envidraçados (que anteriormente eram constituídos por vidros simples) passaram a ser formados por caixilharias de alumínio com vidros duplos.

### 5.1.7. Escola do 1º Ciclo de S. Paio

A Escola do 1º Ciclo de S. Paio, orientada a Sul-Nascente, é formada por um corpo principal que engloba as salas de aula, localizadas no rés-do-chão e no primeiro andar, com uma área de 48 m<sup>2</sup> e um gabinete (no primeiro andar e com uma área de 13,5m<sup>2</sup>, por um corpo anexo composto pelas instalações sanitárias (com uma área total de 24,5 m<sup>2</sup>), por dois alpendres e por duas arrecadações (encontrando-se numa a caldeira de aquecimento) tal como é possível observar nos desenhos do Relatório de Inspeção, no Anexo A.

Ao contrário da maioria dos edifícios construídos na época do Plano dos Centenários, onde a separação por sexos era uma realidade, este edifício não apresenta essa característica, existindo apenas uma entrada principal, devendo por isso ter albergado apenas alunos do sexo masculino ou feminino.

Este edifício é constituído por paredes resistentes em alvenaria de pedra, com os pavimentos das salas em lajes de betão de aula e as estruturas das coberturas em madeira, os pavimentos dos alpendres e das instalações sanitárias em betonilha, os pavimentos das zonas de circulação com revestimento cerâmico e o revestimento das coberturas em telha cerâmica.

Com as intervenções de requalificação já referidas em cima, os envidraçados (que anteriormente eram constituídos por vidros simples) passaram a ser formados por caixilharias com vidros duplos.

## **5.2. Anomalias/patologias detetadas nos edifícios em estudo**

Em todos os edifícios visitados no âmbito deste trabalho foram detetadas e analisadas as anomalias/patologias presentes.

Assim, tal como se apresenta na Tabela 4, as anomalias detetadas nas salas de aula foram: fissurações, abrasão dos pavimentos, destacamentos de tinta, humidades devidas a infiltrações e oclusão de caixas de ventilação natural.

Nos casos das figuras SA.1, SA.2, SA.3, SA.4 e SA.5, a fissuração apresentada é causada por pontes térmicas, ou seja, devido à junção de materiais com diferentes coeficientes de transmissão térmica, sujeitos às mesmas variações de temperatura. Já a figura SA.6, que apresenta a abrasão do pavimento, permite inferir que este facto se deve a uma opção errada na escolha da camada de proteção do pavimento de madeira. Os destacamentos de tinta, representados nas figuras SA.7 a SA.10 são todos em paredes de fachada. Este facto permite perceber que esta anomalia se deve a um mau isolamento térmico (inexistente) destas fachadas. As humidades reveladas em SA.12 e em SA.15 são motivadas por pontes térmicas enquanto que as humidades que se observam em SA.11, SA.13 e SA.14 são consequência de teores de humidade relativa muito altos dentro das salas de aula (como se verá através das medições apresentadas). No que respeita às



infiltrações detetadas nas figuras SA.16 a SA.18, estas são causadas por uma deficiente impermeabilização desta parede de fachada na zona em contato com o solo, o que leva ao aparecimento de humidade ascensional, uma vez que estas imagens correspondem a paredes deste tipo situadas no rés-do-chão. Outra anomalia a salientar é a oclusão de caixas de ventilação natural (tal como se pode observar nas imagens SA.21 e SA.22), que existiam no edifício desde a sua origem e cujo o tapamento impede a existência de ventilação natural, fator este determinante para o surgimento de anomalias tais como as condensações já indicadas, bem como contribuirá certamente para a falta de qualidade do ar interior.

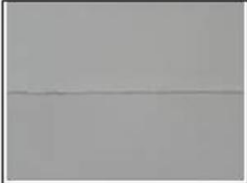












A Tabela 5 mostra as anomalias/patologias detetadas nas zonas de circulação dos edifícios escolares. Assim, as imagens H.1 a H.4, que apresentam destacamentos de tinta, visto serem fotografias de paredes divisórias de zonas de circulação com salas de aula, permitem inferir que esta patologia é causada pela exposição do material deste elemento construtivo uma variação de temperatura bastante elevada (do lado da sala de aula temperatura e humidade relativa muito mais elevadas do que do lado da zona de circulação como é possível observar em registos apresentados mais à frente). Esta mesma causa resulta nas anomalias apresentadas nas fotos H.18 e H.19, que revelam fissurações. As humidades registadas entre H.5 e H.10 são, de uma forma clara (pela sua localização), causadas pela existência de pontes térmicas lineares na ligação da parede com a cobertura. Por outro lado, as infiltrações observadas em H.11 devem-se a uma deficiente estanquidade da tubagem de aquecimento, enquanto que as infiltrações detetadas entre H.12 e H.14 e os fungos e bolores detetados em H.23 são motivados por um inexistente isolamento térmico das paredes de fachada. Os filmes negros observados em H.24 refletem a orientação das vigotas da laje esteira e são o resultado das condensações que se dão na zona destas pontes térmicas planas, em consequência da existência de isolamento térmico na laje de esteira e da deficiente ventilação natural (como é retratado em H.15).

A Tabela 7 identifica as anomalias/patologias detetadas nos pátios. Em P.1 e P.2 observa-se a existência de humidades ascensionais motivadas quer pelos solos bastante húmidos quer pela fraca insolação das paredes em causa (viradas a Norte). Os destacamentos de tinta detetados em P.4 até P.6 assim como as colonizações biológicas apresentadas em P.8 até P.10 são motivadas pela exposição à ação dos agentes atmosféricos (sol, chuva, vento).



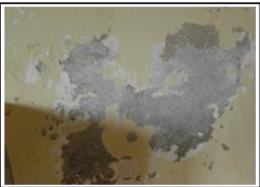




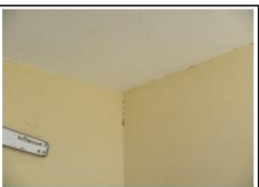

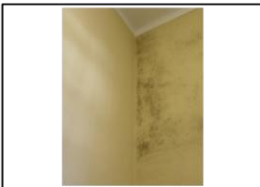






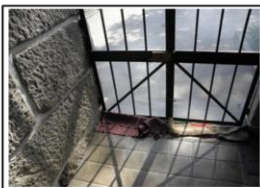


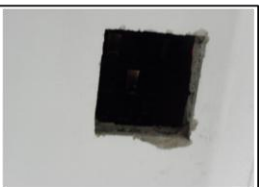




Já a Tabela 6 identifica as anomalias/patologias detetadas nas instalações sanitárias. Assim, as humidades detetadas em CB.1 e CB.2 têm origem na fraca (ou inexistente) ventilação nas casas-de-banho, como é representado na imagem CB.7. A fissuração observada em CB.4 pode ter origem na betonagem do pilar ter sido realizada antes da das vigas, enquanto que em CB.5 a fissuração é motivada por dilatação térmica desta. Já em CB.3 a fissuração deve-se a cargas não previstas (sobrecarga).

Por fim, a Tabela 8 mostra as anomalias/patologias detetadas nas fachadas dos edifícios escolares. As sujidades identificadas de F.5 a F.7 e os destacamentos de tinta identificados em F.13 e F.14, assim como os filmes negros em F.4, F.15 e F.16 poderão ser causados pela exposição das fachadas à ação dos agentes atmosféricos. Já a humidade ascensional observada de F.9 a F.12 pode ter tido como causa, como já referido na análise dos pátios, quer pelos solos bastante húmidos quer pela fraca insolação das paredes em causa (orientadas a Norte ou a Norte-Poente) assim como pela falta de impermeabilização das paredes em contato com o solo.

Tabela 4 – Quadro resumo de todas as patologias detetadas nas salas de aula dos edifícios escolares

<b>QUADRO RESUMO DE TODAS AS ANOMALIAS E PATOLOGIAS DETETADAS NOS EDIFÍCIOS ESCOLARES</b>				
<b>SALAS DE AULA</b>				
	SA.1 - Fissuração	SA.2 - Fissuração	SA.3 - Fissuração	SA.4 - Fissuração
				
	SA.5 - Fissuração	SA.6 - Abrasão do pavimento	SA.7 - Des-tacamento de tinta	SA.8 - Des-tacamento de tinta
				
	SA.9 - Des-tacamento de tinta	SA.10 - Des-tacamento de tinta	SA.11 - Humidades	SA.12 - Humidades
				
	SA.13 - Humidades	SA.14 - Humidades	SA.15 - Humidades	SA.16 - Humidade ascensional
				
	SA.17 - Humidade ascensional	SA.18 - Humidade ascensional	SA.19 - Tecto falso degradado	SA.20 - Luzes sem caixilharia
				
	SA.21 - Oclusão caixas ventilação	SA.22 - Oclusão caixas ventilação	SA.23 - Fios elétricos soltos	SA.24 - Abrasão do pavimento

**Tabela 5 - Quadro resumo de todas as patologias detetadas nos Halls dos edifícios escolares**

<b>QUADRO RESUMO DE TODAS AS ANOMALIAS E PATOLOGIAS DETETADAS NOS EDIFÍCIOS ESCOLARES</b>				
<i>Halls</i>				
	H.1 - Destacamento de tinta	H.2 - Destacamento de tinta	H.3 - Destacamento de tinta	H.4 - Destacamento de tinta
				
	H.5 - Humidades	H.6 - Humidades	H.7 - Humidades	H.8 - Humidades
				
	H.9 - Humidades	H.10 - Humidades	H.11 - Infiltrações	H.12 - Infiltrações
				
	H.13 - Infiltrações	H.14 - Infiltrações	H.15 - Oclusão caixas ventilação	H.16 - Tecto falso degradado
				
	H.17 - Falta de estanquidade	H.18 - Fissuração	H.19 - Fissuração	H.20 - Buraco na laje de cobertura
				
	H.21 - Remates defeituosos	H.22 - Oxidação do pavimento	H.23 - Filmes Negros	H.24 - Filmes Negros

**Tabela 6 - Quadro resumo de todas as patologias detetadas nas instalações sanitárias dos edifícios escolares**

<b>QUADRO RESUMO DE TODAS AS ANOMALIAS E PATOLOGIAS DETETADAS NOS EDIFÍCIOS ESCOLARES</b>				
<b>Casas-de-banho</b>				
	CB.1 - Humidades	CB.2 - Humidades	CB.3 - Fissuração	CB.4 - Fissuração
				
	CB.5 - Fissuração	CB.6 - Fissuração	CB.7 - Oclusão espaços ventilação	CB.8 - Filmes negros

**Tabela 7 - Quadro resumo de todas as patologias detetadas nos pátios dos edifícios escolares**

<b>QUADRO RESUMO DE TODAS AS ANOMALIAS E PATOLOGIAS DETETADAS NOS EDIFÍCIOS ESCOLARES</b>				
<b>Pátios</b>				
	P.1 - Humidade ascensional	P.2 - Humidade ascensional	P.3 - Destacamento de tinta	P.4 - Destacamento de tinta
				
	P.5 - Destacamento de tinta	P.6 - Destacamento de tinta	P.7 - Deficiente estanquidade	P.8 - Colonização biológica
				
	P.9 - Colonização biológica	P.10 - Colonização biológica	P.11 - Humidades	P.12 - Fissuração



**Tabela 8 - Quadro resumo de todas as patologias detetadas nas fachadas dos edifícios escolares**

<b>QUADRO RESUMO DE TODAS AS ANOMALIAS E PATOLOGIAS DETETADAS NOS EDIFÍCIOS ESCOLARES</b>				
<i>Fachadas</i>				
	F.1 – Má conservação das portas	F.2 – Má conservação das portas	F.3 – Má conservação das portas	F.4 – Filmes negros
				
	F.5 – Depósito de sujidades	F.6 – Depósito de sujidades	F.7 – Colonização biológica	F.8 – Destacamento de estuque
				
	F.9 – Humidade ascensional	F.10 – Humidade ascensional	F.11 – Humidade ascensional	F.12 – Humidade ascensional
				
	F.13 - Descamamento	F.14 – Destacamento de tinta	F.15 – Filmes negros	F.16 – Filmes negros
				
	F.17 – Caleira incompleta	F.18 – Destacamento de tinta		

### 5.3. Condições ambientais interiores

De modo a efetuar-se uma análise das condições ambientais interiores dos edifícios escolares em estudo, foram colocados dois termohigrógrafos na Escola do 1º Ciclo de Moimenta da Serra entre os dias 8 (a partir das 9h) e 13 de Março de 2013 (até às 15h), de forma a ser possível registar os níveis de temperatura e os teores de humidade relativa presentes no interior do edifício, no período de utilização e no período de inatividade. Foram ainda realizadas medições dos teores de CO<sub>2</sub> presentes nas salas de aula, com recurso a um medidor de CO<sub>2</sub> da marca Testo 435.

O Decreto-Lei nº80/2006, doravante simplesmente denominado RCCTE, no zonamento climático que define através do Quadro III.1, inclui o concelho de Gouveia no zonamento de Inverno I<sub>3</sub> e no zonamento de Verão V<sub>1</sub>. Desta forma, para este concelho são definidos 2440 graus dias de aquecimento, com a duração da estação de aquecimento a cifrar-se nos 8 meses. A temperatura externa de projeto atribuída são 30°C, ficando a amplitude térmica definida nos 12°C.

Na Figura 1 apresenta-se o gráfico correspondente à evolução da temperatura ao longo dos dias de medição. Este gráfico reflete a média das temperaturas registadas pelos dois termohigrógrafos utilizados assim como as temperaturas exteriores registadas pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2013).

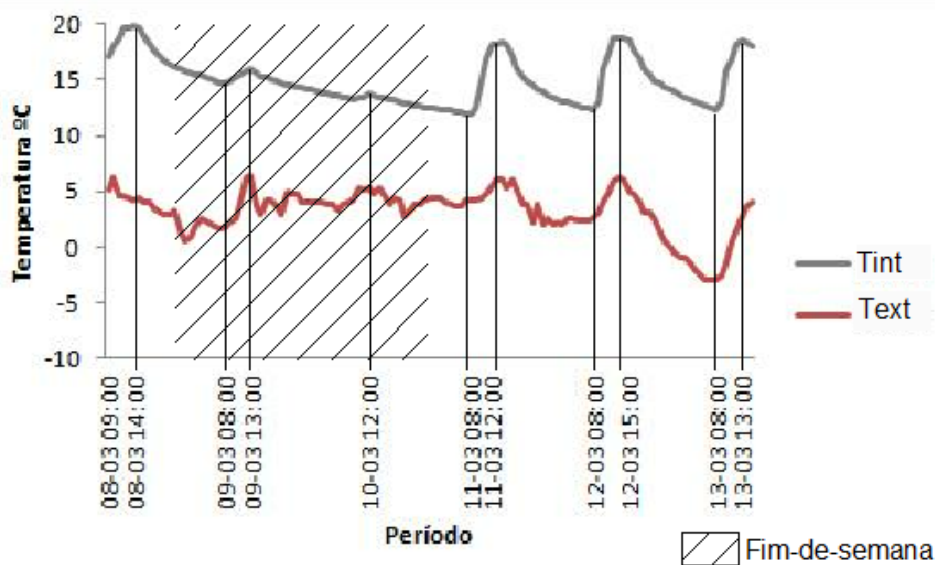


Figura 1 – Análise global da evolução da temperatura

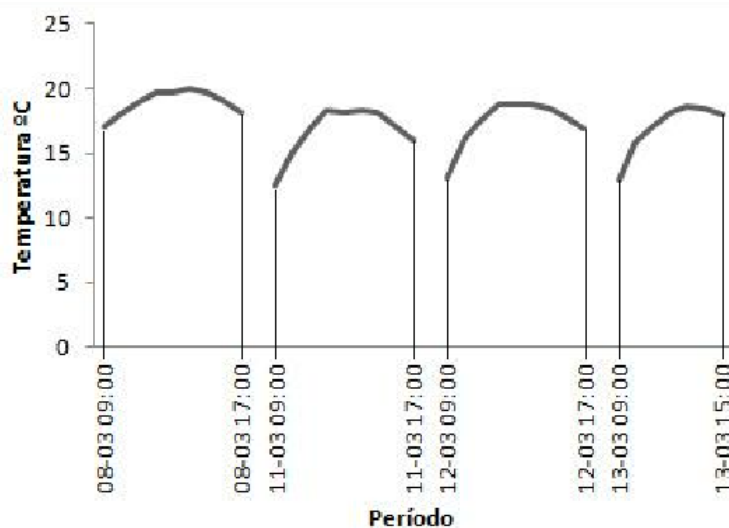
Como é possível verificar, apesar dos baixos valores da temperatura exterior que se fizeram sentir nestes dias, os valores da temperatura interior nunca baixam dos 10°C, sendo o valor mínimo de temperatura interior atingido após o fim-de-semana (segunda-feira de manhã) uma vez que o edifício esteve nesses dias sem qualquer ocupação.

De uma forma mais analítica, olhando para a Tabela 9, observa-se que a temperatura interior registada variou, em média, entre os 11,95°C e os 19,95°C no somatório do período de atividade e do período de inatividade.

**Tabela 9 – Análise global dos dados registados**

	<b>Termohigrógrafo 1</b>	<b>Termohigrógrafo 2</b>	<b>Média</b>
<i>Tmáxima (°C)</i>	19,90	20,00	19,95
<i>Tmínima (°C)</i>	12,00	11,90	11,95
<i>Tmédia (°C)</i>	14,94	14,97	14,96
<i>H.R. máxima (%)</i>	81,80	81,40	81,60
<i>H.R. mínima (%)</i>	62,10	61,40	61,75
<i>H.R. Média (%)</i>	67,68	67,67	67,67

Contudo, observando-se a Figura 2, que mostra a variação da temperatura interior apenas no período de funcionamento (das 9h às 17h) do edifício escolar, é possível verificar que a temperatura média registada pelos termohigrógrafos oscila entre os 12,45°C (valor registado na segunda-feira de manhã) e os 19,95°C (valor registado na 6ª feira à tarde), ou seja, está-se perante uma amplitude térmica de 7,5°C. Olhando para este mesmo gráfico é possível perceber que conforme a semana vai evoluindo, a amplitude térmica entre o início e o final do dia de aulas vai diminuindo embora sem expressão significativa.



**Figura 2 – Análise da temperatura no período de funcionamento do edifício**



Por outro lado, olhando para a Figura 3 que representa o período inativo, é possível observar que durante os dias de semana a amplitude térmica registada durante o período de inatividade do edifício escolar não ultrapassa os 3°C, ou seja, mesmo com o aquecimento desligado e com as salas desocupadas, o edifício apenas baixa 3°C na sua temperatura, devido à sua estanquidade e à ação da elevada inércia térmica deste edifício. Mesmo durante o fim-de-semana é possível observar que a temperatura, ao fim de dois dias de inatividade do edifício, baixa apenas 5,5°C, para os 12,5°C, enquanto que a temperatura exterior registada nesses dias não ultrapassou os 6,2°C.

Segundo o artigo 14º alínea a) do RCCTE, as condições ambientais de conforto de referência para a estação de aquecimento são de 20°C. Deste modo, comparando com os valores registados, observa-se que esta temperatura nunca é atingida no interior das salas de aula do edifício em estudo.

Contudo, se as referências forem o Manual de Projeto de Arquitetura e o Manual de Projeto de Instalações Técnicas criados pela Parque Escolar EPE, o valor de referência para Inverno cifra-se nos 18°C. Neste caso, comparando com o valor de temperatura média obtido para o período de funcionamento do edifício (Tabela 10) – 17,77°C, tem-se que a orientação da Parque Escolar EPE é cumprida.

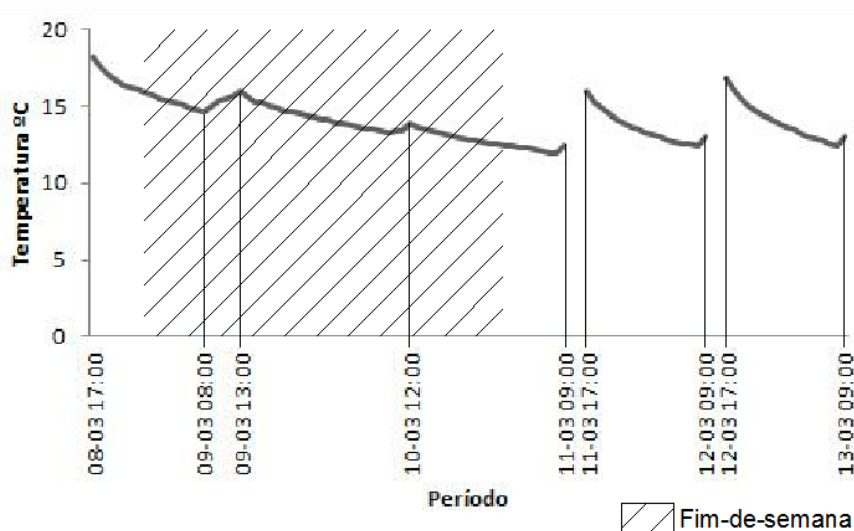


Figura 3 – Análise da temperatura no período inativo do edifício

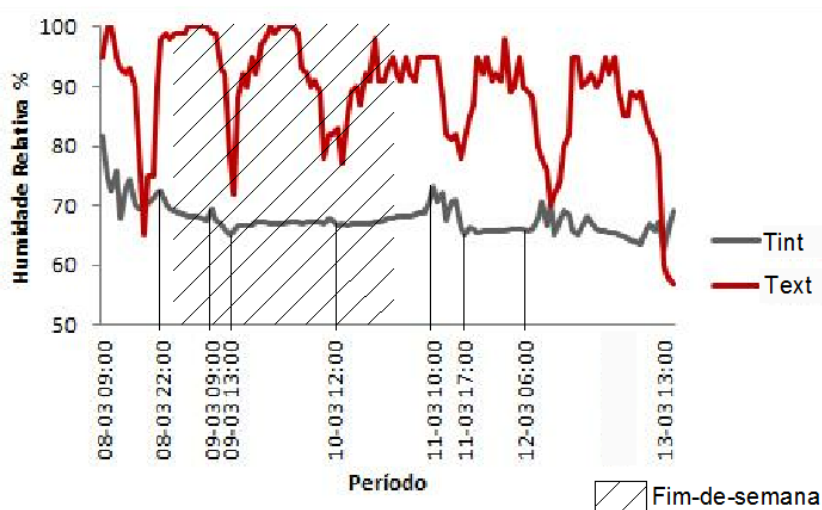
**Tabela 10 – Análise no período de funcionamento do edifício escolar**

	<b>Termohigrógrafo 1</b>	<b>Termohigrógrafo 2</b>	<b>Média</b>
<i>T</i> máxima (°C)	19,90	20,00	19,95
<i>T</i> mínima (°C)	12,40	12,50	12,45
<i>T</i> média (°C)	17,69	17,84	17,77
<i>H.R.</i> máxima (%)	81,80	81,40	81,60
<i>H.R.</i> mínima (%)	62,10	61,40	61,75
<i>H.R.</i> Média (%)	69,70	69,34	69,52

\*Das 9h às 17h nos dias  
úteis

Na Figura 4 apresenta-se o gráfico correspondente à evolução da humidade relativa ao longo dos dias de medição. Este gráfico reflete a média da humidade relativa pelos dois termohigrógrafos utilizados assim como a humidade relativa exterior registada pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera nesses dias.

Numa primeira análise, constata-se logo que a evolução da humidade relativa no interior não pode ser correlacionada com a evolução da humidade relativa no exterior, pois apesar de em certas alturas a humidade relativa exterior baixar os seus valores para quase metade, isso não tem reflexo na evolução da humidade relativa interior.

**Figura 4 – Análise global da evolução da Humidade Relativa**

Como é possível observar pela análise desta figura assim como da Tabela 9, a humidade relativa interior registada ao longo dos dias de medição variou entre os 81,60% e os 61,75%, numa média de 67,67%.

Contudo, observando-se apenas os valores correspondentes ao horário de funcionamento do edifício escolar (Figura 5), verifica-se que os valores de humidade relativa mínima e máxima registados foram respetivamente 61,75% e 81,60%.

Segundo o Artigo 14º alínea a) do RCCTE, as condições ambiente de conforto de referência pressupõem uma humidade relativa de 50%. Logo, comparando com os valores registados observa-se que esta regulamentação não é respeitada no caso em estudo.

Olhando para a Figura 6, que mostra a evolução da humidade relativa no período inativo do edifício escolar, observa-se que os valores de humidade relativa mínima e máxima registados foram, respetivamente, 63,45% e 72,55%, numa média de 67,08%. Comparando estes valores com os referenciados para o período de funcionamento do edifício, verifica-se que a variação de valores é muito pequena relativamente ao período em que há ocupação.

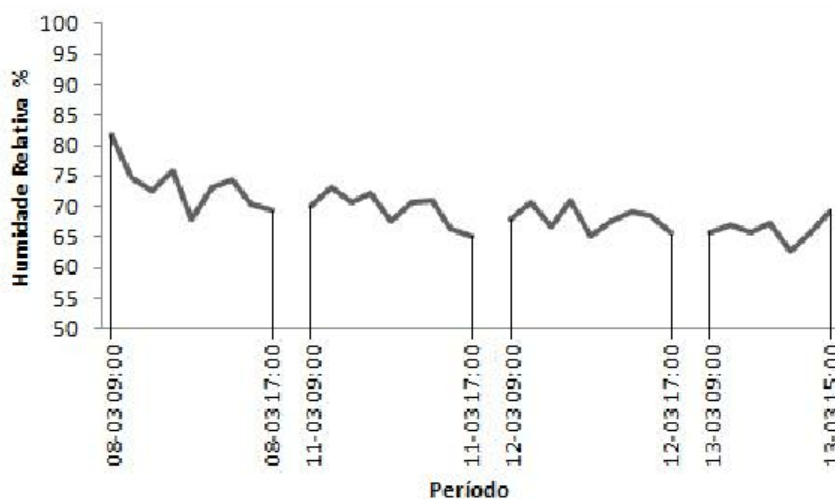
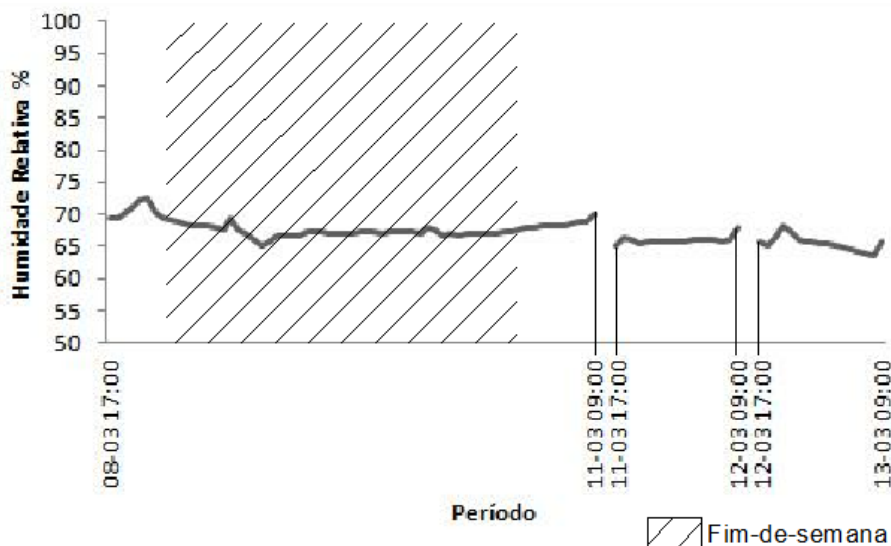


Figura 5 – Análise da Humidade Relativa no período de funcionamento do edifício



**Figura 6 – Análise da Humidade Relativa no período inativo do edifício**

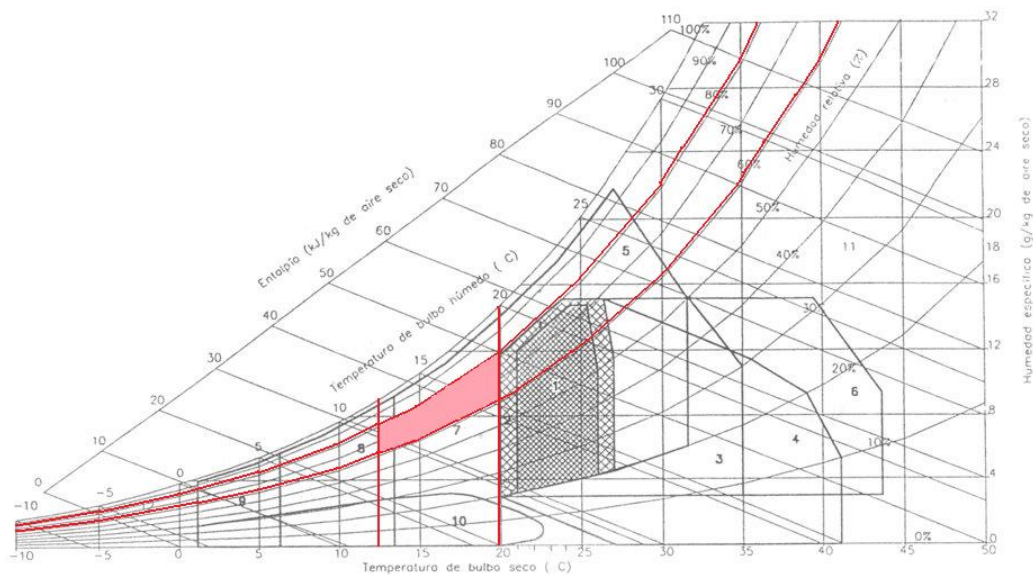
Os valores de CO<sub>2</sub> medidos com o Testo 435 no interior das salas de aulas foram os apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11 – Valores de CO<sub>2</sub> registados no interior do edifício escolar**

	Valores de CO <sub>2</sub> registados
9h	1183 ppm
12h	2200 ppm
15h	3596 ppm

Comparando estes valores com os referenciados pela EN 13779 (2007), apresentados na Tabela 3, verifica-se que se está perante uma classe IDA 4 (1200ppm) que corresponde a uma qualidade baixa do ar interior, ou seja, os alunos do edifício escolar em estudo estão sujeitos a uma qualidade do ar interior baixa durante toda a sua permanência nas salas de aula. Estes valores elevados do teor de CO<sub>2</sub> devem-se ao facto de o edifício ser estanque e estar desprovido de qualquer sistema de ventilação natural ou mecânica que permita a renovação do ar.

Considerando as temperaturas e as humidades relativas mínimas e máximas registadas durante o funcionamento do edifício escolar é possível obter-se o traçado representado na Figura 7. Como é possível observar, a zona obtida cruzando os dados registados fica fora da zona de conforto definida por Givoni (Ecococos, 2011), ou seja, em nenhum momento do período de funcionamento do edifício, os seus ocupantes conseguem usufruir de condições de conforto que fomentem a sua aprendizagem.



**Figura 7 – Diagrama de Givoni**

## 5.4. Inquérito de conforto

Durante as visitas de inspeção realizadas às escolas do concelho de Gouveia foram também efetuados inquéritos de conforto, apresentados no Anexo A, aos Professores responsáveis por cada uma das escolas. Estes inquéritos, elaborados pelo autor deste trabalho, têm como objetivo analisar os critérios de conforto dos Professores das escolas visitadas assim como a sua opinião acerca do estado dos edifícios em análise.

Apesar de no capítulo anterior se ter verificado que em nenhum momento do funcionamento do edifício escolar os seus utilizadores estão na zona de conforto definida por Givoni (Ecococos, 2011), é interessante observar que à pergunta: “sente-se confortável no edifício escolar, quando tem que passar longos períodos de tempo?”, 71,43% das respostas foram positivas, tal como reflete a Figura 8. À pergunta “considera os acessos às casas-de-banho adequados?” (Figura 9) mais de 70% das respostas avaliaram de forma positiva estes acessos, mesmo tendo em conta que são zonas não aquecidas, com variações de temperatura bastante elevadas.

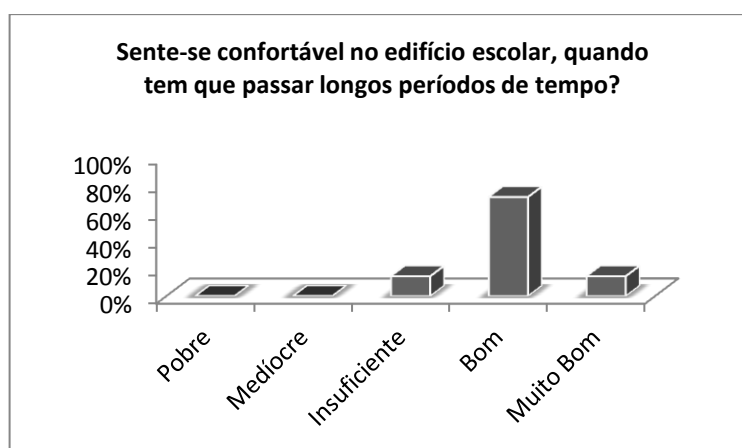
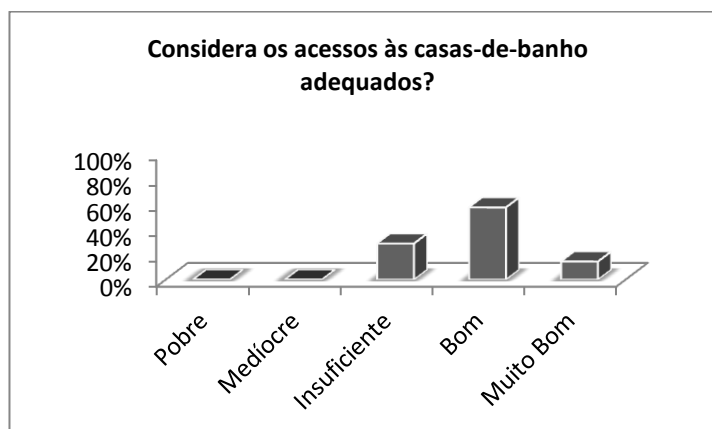
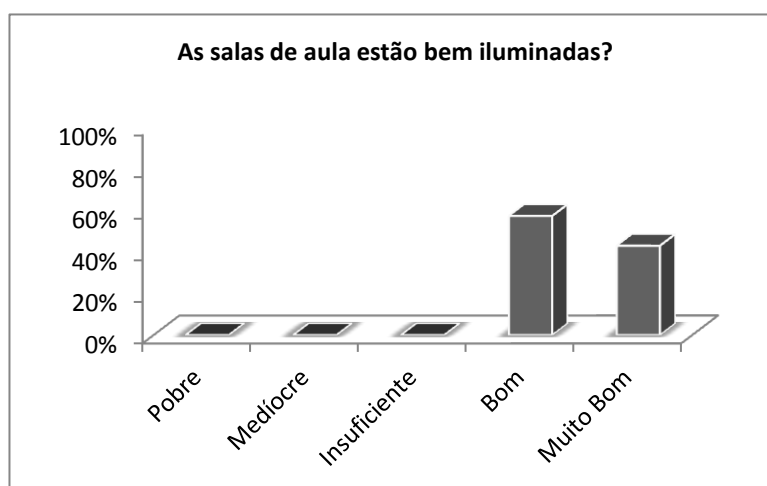


Figura 8 - Inquérito de Conforto – 1ª parte



**Figura 9 - Inquérito de Conforto – 2ª parte**

Em relação à iluminação dos edifícios as opiniões já são mais divergentes. Se por um lado em relação à iluminação natural das salas-de-aula a maioria das respostas classifica esta em “Bom” ou “Muito Bom” (Figura 11), já em relação à iluminação natural das casas-de-banho, a opinião revela-se negativa, com 42,86% das respostas a classificarem esta de “Pobre” (Figura 13). Contudo, é de salientar que se a pergunta acerca da iluminação for mais generalizada, ou seja, se se englobar a iluminação artificial, o grau de satisfação das respostas quer para as salas de aula, quer para as casas-de-banho revela-se positivo (Figura 10 e Figura 12)



**Figura 10 - Inquérito de Conforto – 3ª parte**

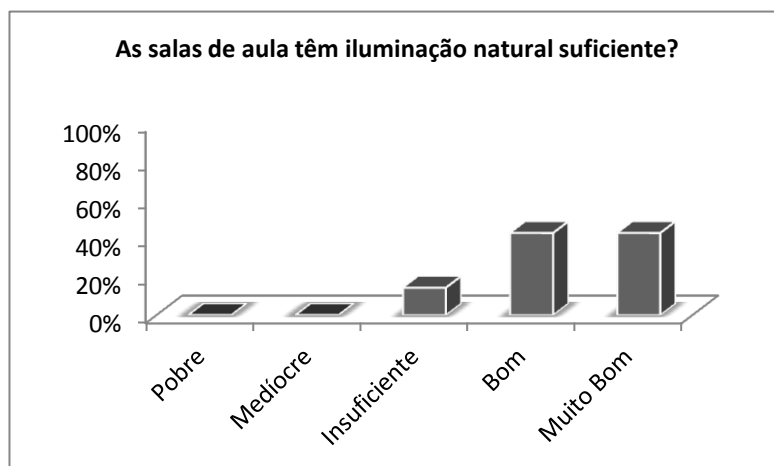


Figura 11 - Inquérito de Conforto – 4ª parte

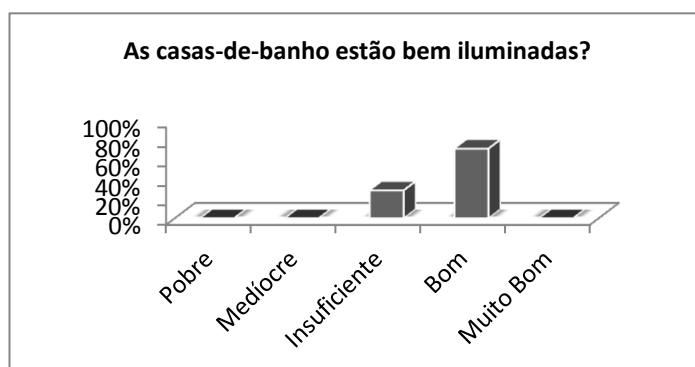


Figura 12 - Inquérito de Conforto – 5ª parte

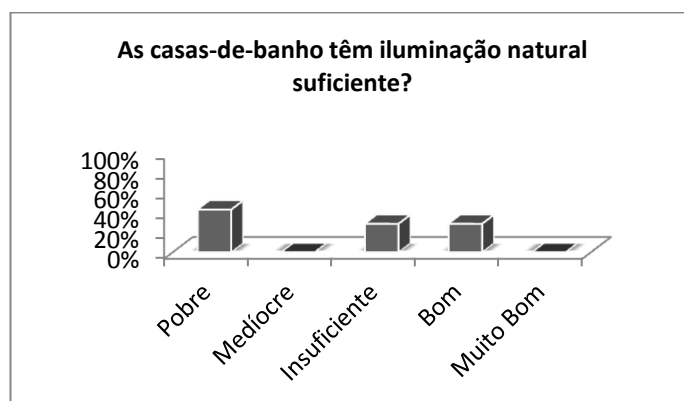


Figura 13 - Inquérito de Conforto – 6ª parte



Em relação à Qualidade do Ar Interior este inquérito abordou esta temática através da pergunta: “como avalia o ar respirado dentro das salas de aula?” no Inverno e na Primavera. Das respostas a estas duas perguntas é possível verificar um aumento do grau de satisfação com a Qualidade do Ar Interior na Primavera, como refletem a Figura 14 e Figura 15.

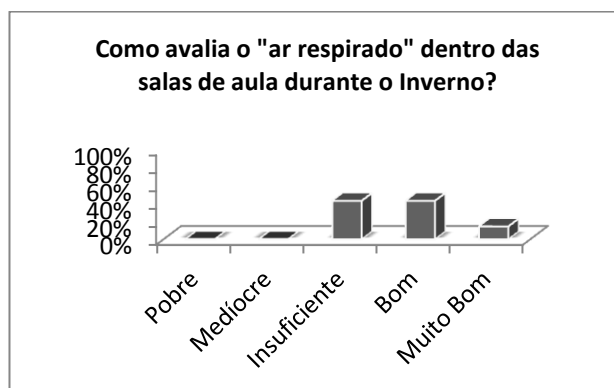


Figura 14 - Inquérito de Conforto – 7ª parte

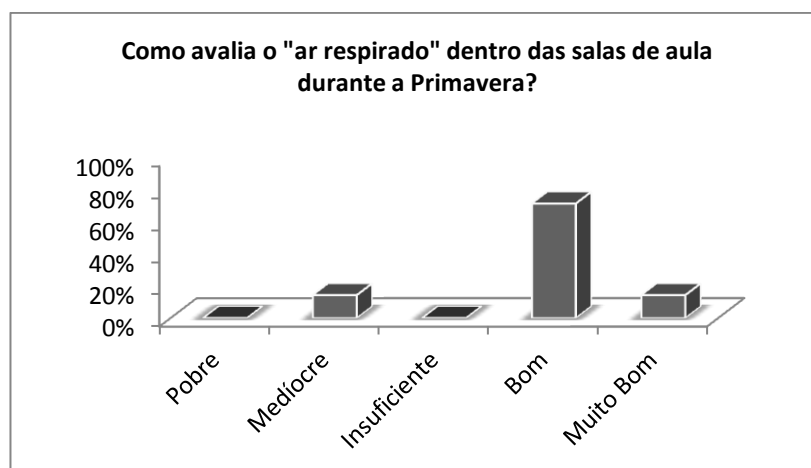
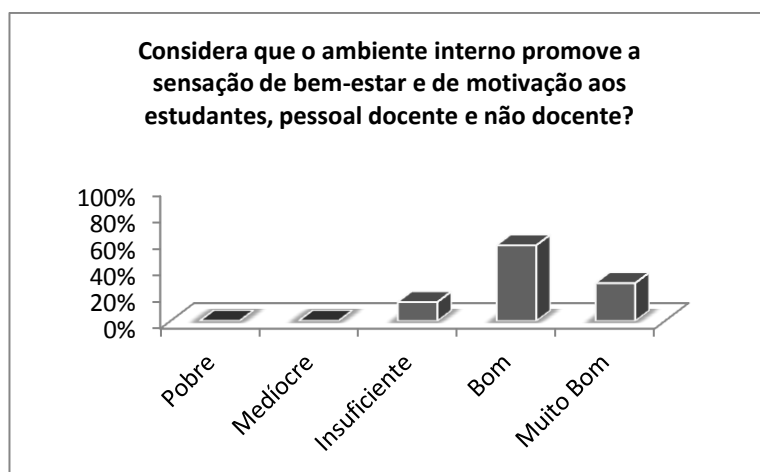


Figura 15 - Inquérito de Conforto – 8ª parte

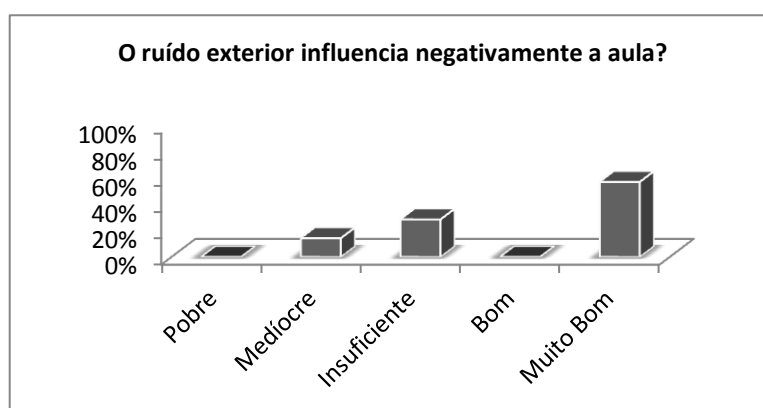
Ainda em relação à Qualidade do Ar Interior foi feita a pergunta: “Considera que o ambiente interno promove a sensação de bem-estar e de motivação aos estudantes, pessoal docente e não docente?” (Figura 16). Para esta pergunta mais de 75% das respostas deram classificação positiva ao ambiente interno, mesmo tendo em conta os dados registados nos capítulos anteriores e que mostram enorme presença de CO<sub>2</sub> no interior das salas e que as

temperaturas e humidades relativas registadas não estão de acordo com a zona de conforto traçada pelo Diagrama de Givoni.



**Figura 16 - Inquérito de Conforto – 9ª parte**

Em relação à acústica das salas de aula, através das respostas obtidas com este inquérito é possível observar que o principal problema está no ruído entre as salas, pois mais de 50% da respostas avalia negativamente este fator (Figura 18). Em relação ao ruído exterior este fator é avaliado de forma positiva pela maioria das respostas (Figura 17) assim como o eco produzido dentro das salas de aula (Figura 19).



**Figura 17 - Inquérito de Conforto – 10ª parte**

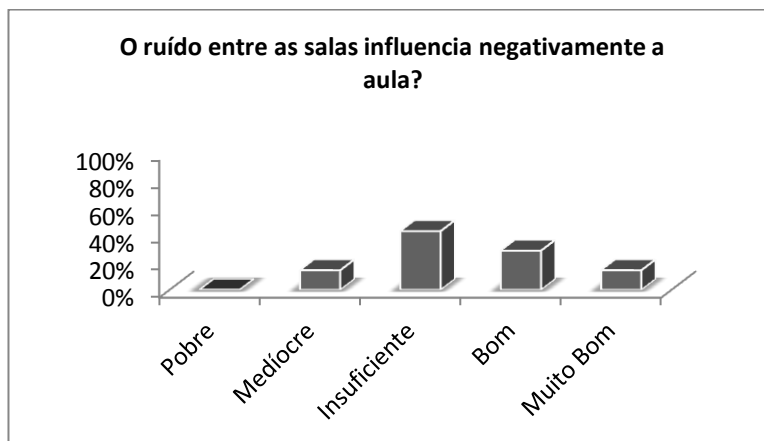


Figura 18 - Inquérito de Conforto – 11ª parte

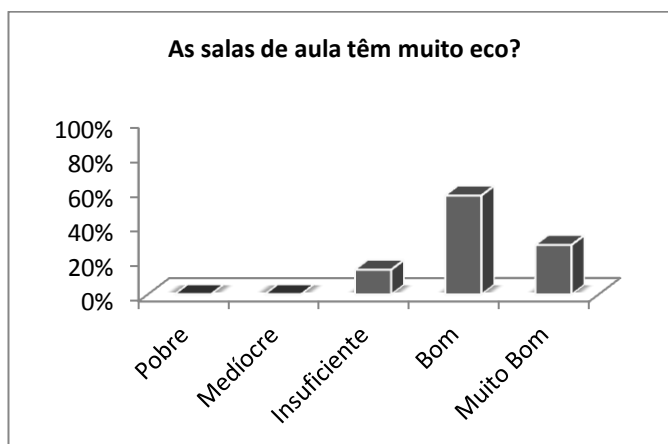
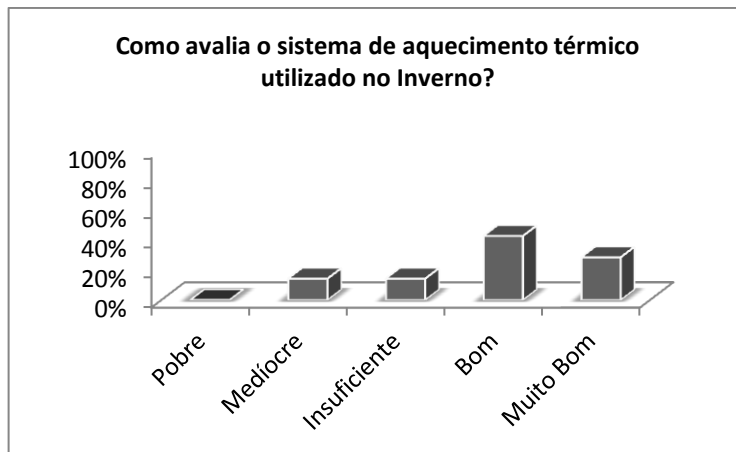
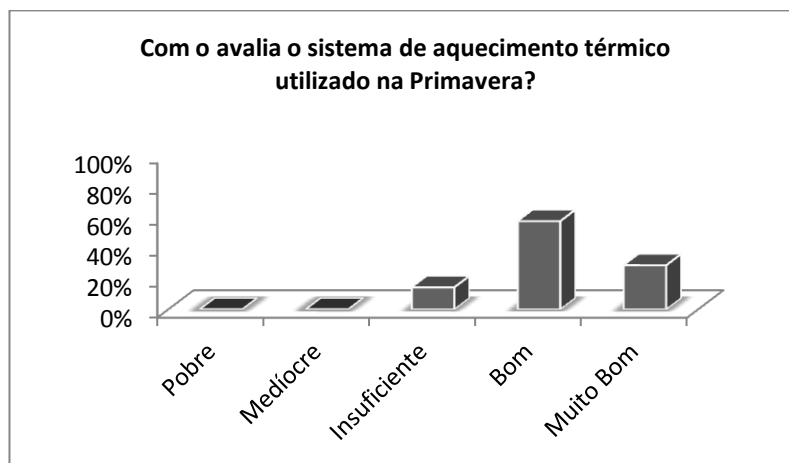


Figura 19 - Inquérito de Conforto – 12ª parte

Em relação ao sistema de aquecimento térmico utilizado nas escolas, este tem nota positiva quer no Inverno (Figura 20), quer na Primavera (Figura 21). Contudo, é de salientar que na estação fria ainda há 25% de respostas com nota negativa.



**Figura 20 - Inquérito de Conforto – 13ª parte**



**Figura 21 - Inquérito de Conforto – 14ª parte**

Nas perguntas que se centraram sobre os espaços comuns (espaços sociais abrigados dos agentes atmosféricos e entradas dos edifícios escolares), observa-se um elevado grau

de insatisfação. Assim, à pergunta “considera suficientes os espaços sociais abrigados dos agentes atmosféricos existentes?”, 71,43% das respostas classificaram estes de médios (Figura 22). Para a pergunta “considera que as entradas do edifício escolar são acolhedoras, bem localizadas e permitem a vigilância passiva?”, mais de 70% das respostas avaliaram este fator de forma negativa (Figura 23).



Figura 22 - Inquérito de Conforto – 15ª parte

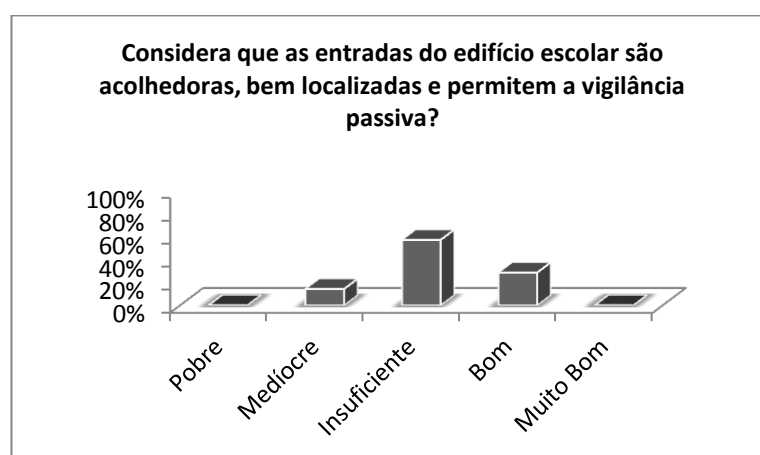


Figura 23 - Inquérito de Conforto – 16ª parte

### 5.5. Comportamento Térmico do Edifício

Para o cálculo do comportamento térmico dos edifícios escolares em estudo criou-se um edifício escolar tipo tendo por base as características dos edifícios visitados. Assim, o edifício a considerar é um edifício de dois pisos (rés-do-chão e primeiro andar), orientado a Sul-Nascente, com duas salas em cada andar conforme ilustram as Figura 24 e Figura 25.

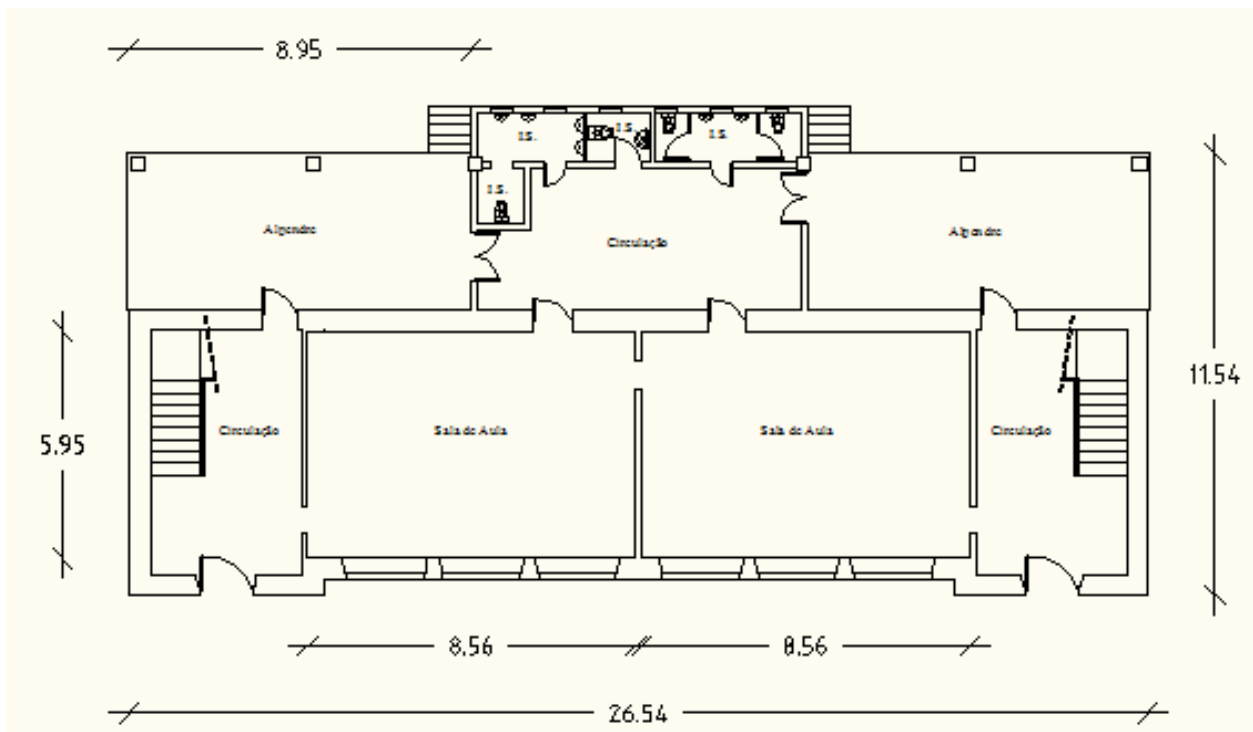


Figura 24 – Planta do Rés-do-chão

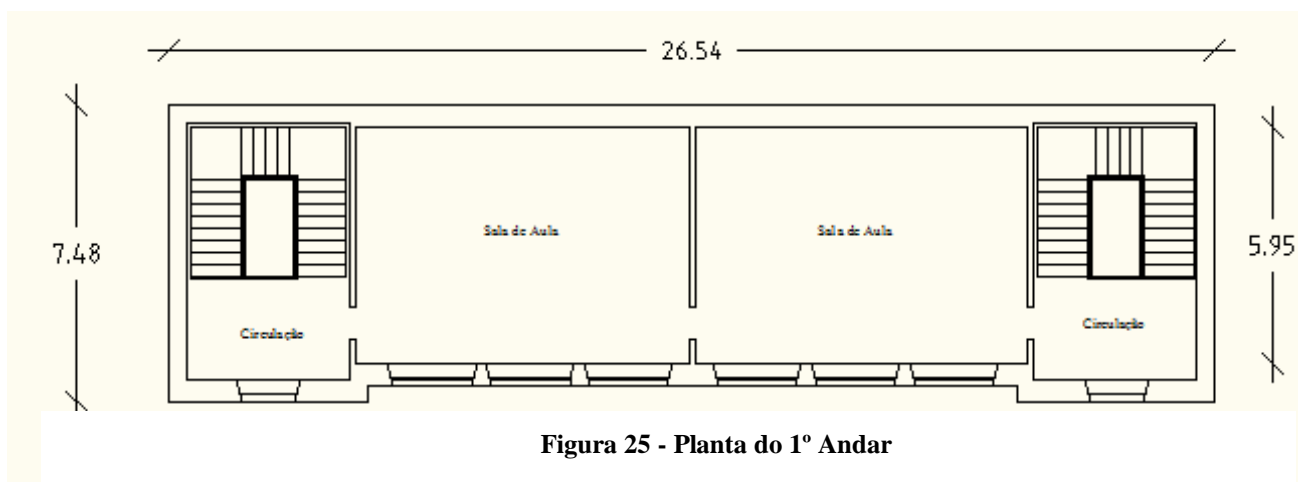
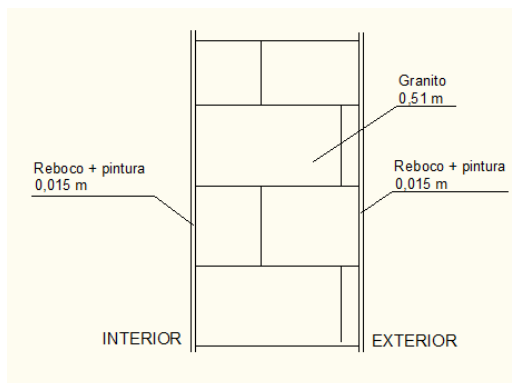
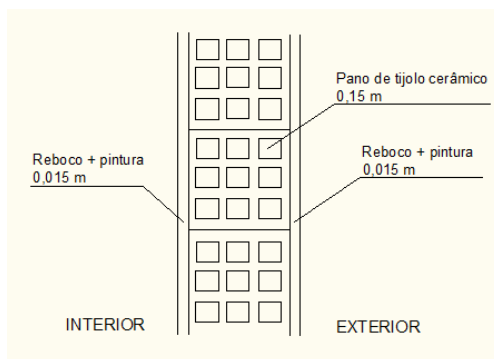


Figura 25 - Planta do 1º Andar

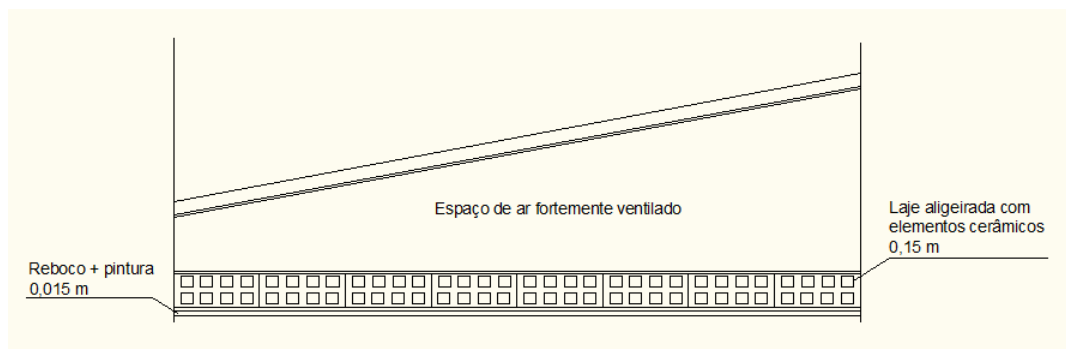
De seguida apresentam-se os pormenores das paredes, pavimentos e cobertura que compõem o edifício (Figura 26, Figura 27, Figura 28, Figura 29 e Figura 30).



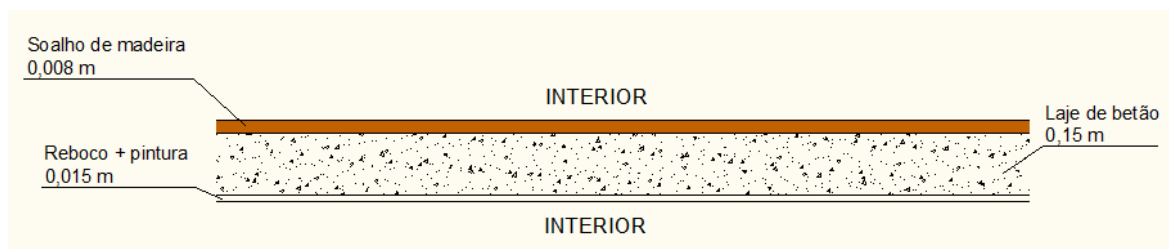
**Figura 26 – Pormenor da parede exterior**



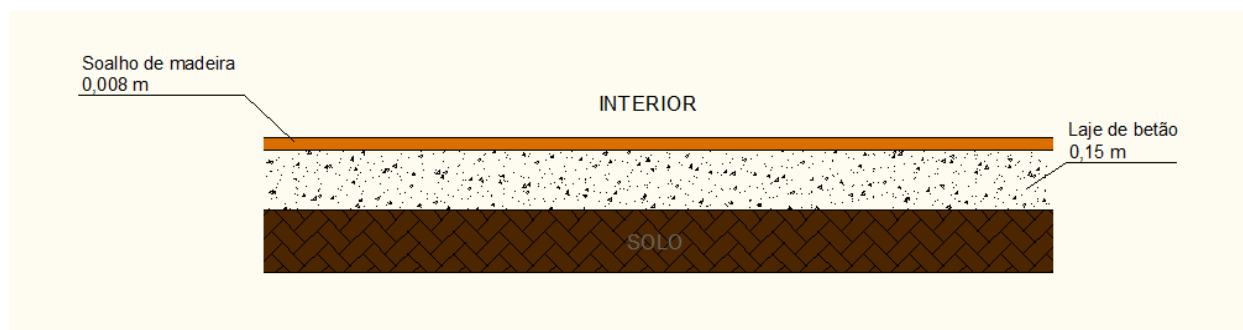
**Figura 27 – Pormenor da parede interior**



**Figura 28 – Pormenor da laje de esteira**



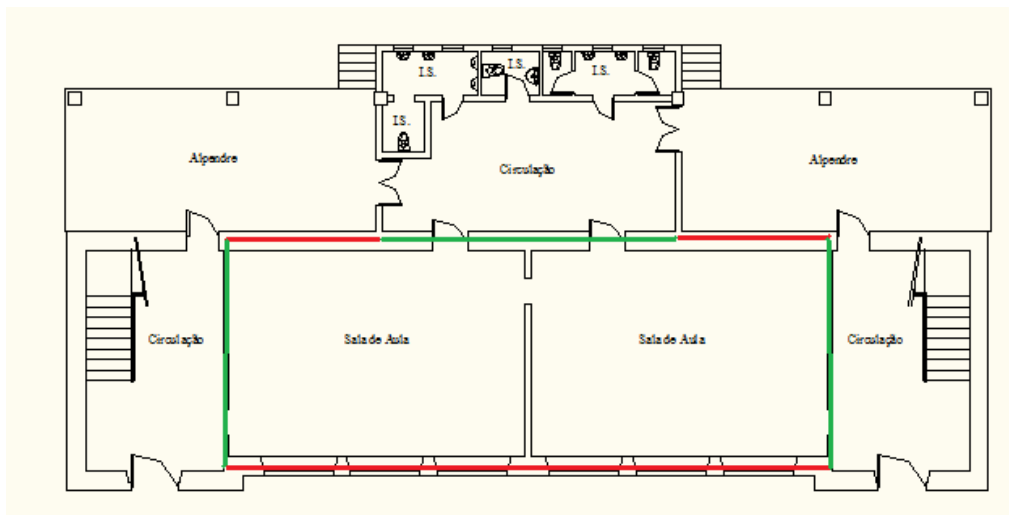
**Figura 29 – Pormenor da laje entre pisos**



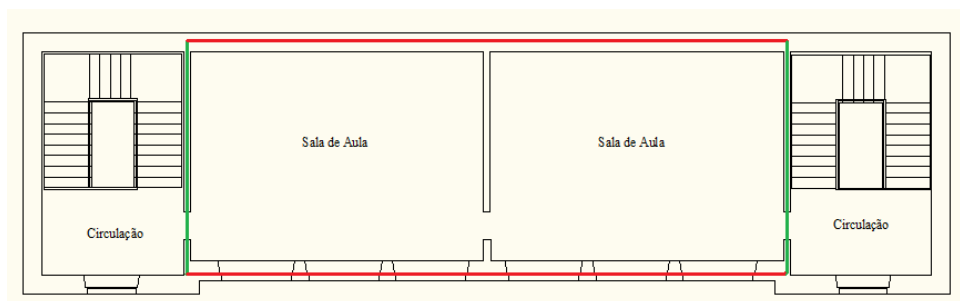
**Figura 30 – Pormenor da laje de pavimento térreo**

Para o cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício segundo o RCCTE o primeiro passo a dar é a marcação da envolvente do edifício, tal como representado nas Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34 e Figura 35.



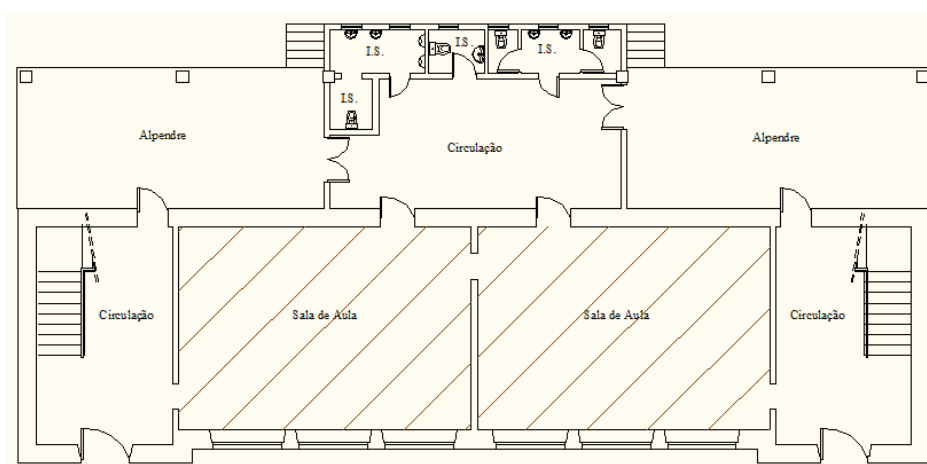


**Figura 31 – Envoltente vertical do edifício (Rés-do-chão)**

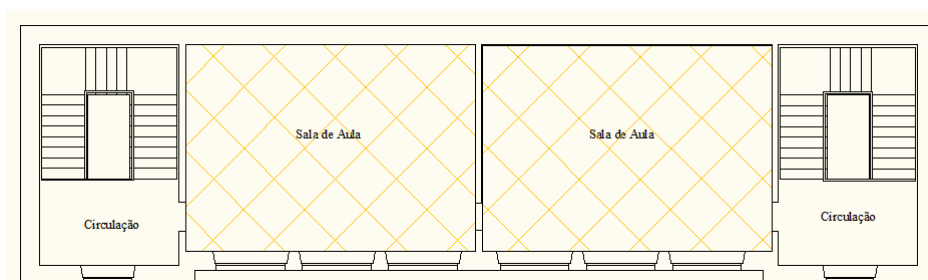


**Figura 32 – Envoltente vertical do edifício (1º Andar)**

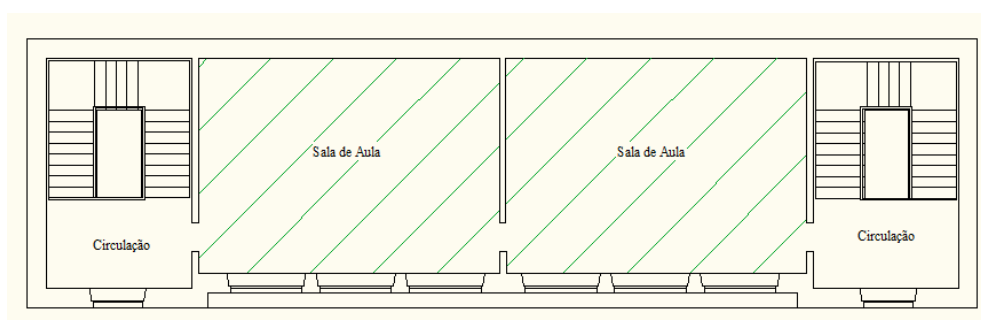
- Envoltente interna
- Envoltente externa






**Figura 33 – Envoltente horizontal em contato com o solo**



**Figura 34 – Envoltório horizontal sem requisitos**



**Figura 35 – Envoltório horizontal interior (entre 1º Andar e cobertura)**

-  Envoltório em contacto com o solo
-  Envoltório sem requisitos (entre pisos)
-  Envoltório externa

De seguida apresentam-se os coeficientes de transmissão térmica das paredes, calculados segundo a expressão da equação (5).

$$U_{\text{paredexterior}} = 2.58W / m^2 \cdot ^\circ C$$

$$U_{\text{paredinterior}} = 1.49W / m^2 \cdot ^\circ C$$

Deste modo, e com base no Anexo IX do RCCTE é possível verificar se o edifício cumpre os requisitos mínimos definidos por este regulamento.

Assim, para elementos verticais exteriores da envolvente localizados na zona climática I<sub>3</sub>, o RCCTE impõem que o coeficiente de transmissão térmica superficial máximo seja 1,45 W/m<sup>2</sup>°C. Então, como o valor obtido no cálculo anterior foi 2,58 W/m<sup>2</sup>°C, conclui-se que esta parede não verifica os requisitos mínimos.

Para elementos verticais interiores da envolvente localizados na zona climática I<sub>3</sub>, o RCCTE define que o coeficiente de transmissão térmica superficial máximo seja 1,90 W/m<sup>2</sup>°C. Então, como o valor obtido no cálculo anterior foi 1,49 W/m<sup>2</sup>°C, conclui-se que esta parede verifica os requisitos mínimos regulamentares.

O coeficiente de transmissão térmica da laje de esteira, calculado também segundo a expressão da fórmula (5), tem os seguintes valores:

$$U_{\text{ascendente}} = 1.66 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$U_{\text{descendente}} = 1.35 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ \text{C}$$

Para elementos horizontais interiores da envolvente localizados na zona climática I<sub>3</sub>, o RCCTE impõem que o coeficiente de transmissão térmica superficial máximo seja 1,20 W/m<sup>2</sup>°C. Então, como o valor máximo obtido no cálculo anterior foi 1,66 W/m<sup>2</sup>°C (correspondente ao fluxo ascendente), conclui-se que a laje de esteira não verifica os requisitos mínimos regulamentares.

Já o coeficiente de transmissão térmica do pavimento assume o valor 2,34 W/m<sup>2</sup>°C (calculado através da expressão (5)).

Para elementos horizontais interiores da envolvente localizados na zona climática I<sub>3</sub>, o RCCTE impõem que o coeficiente de transmissão térmica superficial máximo seja 1,20 W/m<sup>2</sup>°C. Então, como o valor obtido no cálculo anterior foi 2,41 W/m<sup>2</sup>°C, conclui-se que o pavimento entre pisos não verifica os requisitos mínimos.

Os vãos envidraçados são compostos por janelas de batente com vidro duplo incolor (4 a 8 mm), com lâmina de ar de 5 mm e com estores laminados de cor escura pelo interior. Desta forma, considerou-se que o fator solar do vidro é 0,75 e o valor do fator solar dos vãos envidraçados com proteção solar ativada a 100% é 0,69. Para uma classe de inércia térmica forte na zona climática V<sub>1</sub>, o RCCTE através do Quadro IX.2 define que o fator solar máximo admissível de vãos envidraçados é 0,56, logo não estão verificados os requisitos mínimos dos envidraçados.

Para o cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício segundo o RCCTE, é necessário aplicar os dados climáticos da zona climática em estudo, de acordo com o Quadro III.1 deste diploma e como se indica na Tabela 12.

**Tabela 12 – Dados climáticos de referência**

Concelho	Zona Climática de Inverno	Número de Graus Dia (GD) (°C.dias)	Duração da estação de aquecimento (meses)	Zona climática de Verão	Temperatura externa de projeto (°C)	Amplitude térmica (°C)
Gouveia	I <sub>3</sub>	2440	8	V <sub>1</sub>	30	12

Uma vez que o concelho de Gouveia está a uma altura média de 664 m, não é necessário efetuar alterações dos dados climáticos de referência em função da altura. Segundo o Quadro III.8 do RCCTE, para o concelho de Gouveia a energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento é 90 kWh/m<sup>2</sup>.mês.

A área útil de pavimento é 293,11m<sup>2</sup> e o pé-direito médio considerado é 3,40m.

De seguida apresentam-se na Tabela 13 à Tabela 16 os valores a considerar para a envolvente exterior.

**Tabela 13 – Medições da envolvente exterior**

Elemento	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	Orientação
Parede exterior de granito SE	76,00	2,58	SE
Parede exterior de granito NW	87,06	2,58	NW

**Tabela 14 – Medição do pavimento em contato com o solo**

Elemento	Perímetro B (m)	Ψ (W/m °C)
Pavimento em contato com o solo	58,04	2,5

**Tabela 15 – Pontes térmicas lineares na envolvente exterior**

Pontes térmicas lineares	Comprimento (m)	Ψ (W/m °C)
Fachadas com os pavimentos térreos	26,00	0,75
Fachadas com pavimentos intermédios	34,40	0,50
Fachada com padieira, ombriel, peitoril	26,00	0,50

Uma vez que o RCCTE não tem tabelados valores de coeficientes de transmissão térmica linear para situações sem isolamento, considera-se o valor mais gravoso – 0,5 W/m<sup>2</sup>°C. Para a definição do coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados recorre-se ao Quadro III.2 do ITE 50 (2006). Desta forma, tendo em conta que se trata de envidraçados giratórios compostos por vidros duplos com 6 mm de espessura da lâmina de ar, este documento indica que o valor de  $U_w$  (coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado, aplicável a locais sem ocupação noturna) é 4,3 W/m<sup>2</sup>°C.

**Tabela 16 – Vãos envidraçados exteriores**

Vãos envidraçados exteriores	Orientação	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	g (inv.)	g (verão)	Fh.Fo.Ff (inv.)	Fh.Fo.Ff (verão)	Fg (inv.)	Fg (verão)	Fw (inv.)	Fg (verão)
Vidro duplo 1	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 2	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 3	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 4	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 5	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 6	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 7	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 8	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 9	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 10	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 11	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 12	SE	3,30	4,30	0,75	0,69	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85

Assim, é possível calcular que a área total dos envidraçados é 39,60 m<sup>2</sup>, sendo inferior a 15% da área de pavimento (44 m<sup>2</sup>).

Os valores a considerar para a envolvente interior estão expressos na Tabela 17.

**Tabela 17 – Medições da envolvente interior**

Elemento	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	Tau (τ)
Parede de granito (54 cm)	12,18	2,58	0,5
Parede de granito (54 cm)	12,28	2,58	0,5
Parede de tijolo (15 cm)	37,35	1,49	0,5
Parede de tijolo (15 cm)	37,35	1,49	0,5
Laje de esteira (desvão de cobertura)	50,58	1,66	1
Laje de esteira (desvão de cobertura)	50,58	1,66	1

Os valores de  $\tau$  foram definidos a partir da Tabela IV.1 do RCCTE. Deste modo, para as paredes considera-se que os espaços não úteis considerados são circulações comuns com abertura permanente para o exterior, com áreas de aberturas permanentes por volume total inferiores a 0,05 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Para as coberturas considera-se que o espaço não útil é uma cobertura sobre desvão fortemente ventilado não habitado.

Com os valores das envolventes definidos e seguindo o método definido pelo RCCTE, procede-se ao preenchimento das folhas de cálculo que constam no Anexo IV do referido documento.

Desta forma, para a situação de Inverno, as perdas associadas à envolvente exterior são as apresentadas seguidamente.

**Tabela 18 – Perdas associadas à envolvente exterior (paredes exteriores)**

Paredes exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	U.A (W/°C)
Parede de granito (54cm)	76,00	2,58	196,08
Parede de granito (54cm)	87,06	2,58	224,61
		TOTAL	420,69

**Tabela 19 – Perdas associadas à envolvente exterior (paredes e pavimentos em contato com o solo)**

Paredes e pavimentos em contato com o solo	Perímetro B (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ.B (W/°C)
Pavimento em contato com o solo	58,04	2,50	145,10
		TOTAL	145,10

**Tabela 20 – Perdas associadas à envolvente exterior (pontes térmicas lineares)**

<b>Pontes térmicas lineares</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b><math>\Psi</math> (W/m°C)</b>	<b><math>\Psi.B</math> (W°C)</b>
Fachadas com pavimentos térreos	26,00	0,75	19,50
Fachadas com pavimentos intermédios	34,40	0,50	17,20
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	26,00	0,50	13,00
		<b>TOTAL</b>	<b>49,70</b>

Então, as perdas pela envolvente exterior opaca são de 615,49 W°C.

Para a situação de Inverno, as perdas associadas à envolvente interior são as apresentadas seguidamente.

**Tabela 21 – Perdas associadas à envolvente interior**

<b>Paredes em contato com espaços não úteis</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>Tau (<math>\tau</math>)</b>	<b>U.A. <math>\tau</math> (W°C)</b>
Parede de granito (54cm)	12,18	2,58	0,50	15,71
Parede de granito (54cm)	12,28	2,58	0,50	15,84
Parede de tijolo (15cm)	37,35	1,49	0,50	27,83
Parede de tijolo (15cm)	37,35	1,49	0,50	27,83
Laje de esteira	50,58	1,66	1,00	83,96
Laje de esteira	50,58	1,66	1,00	83,96
			<b>TOTAL</b>	<b>255,13</b>

Então, as perdas pela envolvente interior da fração são de 255,13 W°C. Já as perdas associadas aos vãos envidraçados da envolvente exterior são de 156,09 W°C, como é possível observar na Tabela 22.

**Tabela 22 – Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores**

Vãos envidraçados verticais exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	U.A (W/°C)
Vidro duplo 1	3,30	4,30	14,19
Vidro duplo 2	3,30	4,30	14,19
Vidro duplo 3	3,30	4,30	14,19
Vidro duplo 4	3,30	4,30	14,19
Vidro duplo 5	3,30	4,30	14,19
Vidro duplo 6	3,30	4,30	14,19
Vidro duplo 7	3,30	4,30	14,19
Vidro duplo 8	3,30	4,30	14,19
Vidro duplo 9	3,30	4,30	14,19
Vidro duplo 10	3,30	4,30	14,19
Vidro duplo 11	3,30	4,30	14,19
Vidro duplo 12	3,30	4,30	14,19
		TOTAL	156,09

Para o cálculo das perdas associadas à renovação de ar, o volume interior (m<sup>3</sup>) é obtido multiplicando a área útil de pavimento pelo pé-direito médio. Desta forma, tem-se que o volume interior é de 996,57 m<sup>3</sup>. Como no caso de estudo em análise apenas existem meios que permitam ventilação natural, o cálculo desta é feito tal como representado na Tabela 23.

**Tabela 23 – Perdas associadas à renovação de ar**

Cumpre NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>	se SIM:	<input type="text" value="RPH = 0.6"/>
Se Não:				
Classe da Caixilharia	(s/c,1,2 ou 3)	<input type="text" value="s/c"/>		
Caixas de estore	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>		
Classe de exposição	(1,2,3 ou 4)	<input type="text" value="2"/>		
Aberturas auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>		
Área de envidraçados > 15% x Ap ?	(S ou N)	<input type="text" value="NÃO"/>		
Portas exteriores bem vedadas ?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>		

Taxa de renovação nominal

**RPH = 0,85**



A classe de exposição é definida através do Quadro IV.2 do RCCTE. Desta forma, considerando uma altura acima do solo inferior a 10 m, e que o edifício se encontra na Região A e está sujeito a Rugosidade II (edifícios situados na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural), então a classe de exposição é a classe 2. Desta forma, pelo Quadro IV.1 do RCCTE, tendo em consideração a classe de exposição referida, que existem dispositivos de admissão na fachada, que a classe da caixilharia é sem classificação e que não existe caixa de estores, a taxa de renovação nominal é  $0,85 \text{ h}^{-1}$ , o que equivale a uma perda de energia de  $288,01 \text{ W}^\circ\text{C}$ .

Para o cálculo dos ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno) torna-se necessário sistematizar a informação tal como representado na Tabela 24.

**Tabela 24 – Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área ( $\text{m}^2$ )	Fator de orientação X	Fator solar do vidro g	Fator de obstrução $F_s = F_h.F_o.F_f$	Fracção envidraçada $F_g$	Fator de sel. Angular $F_w$	Área efetiva ( $\text{m}^2$ )
SE	Duplo	3,30	0,84	0,75	1,00	0,60	0,90	1,12
SE	Duplo	3,30	0,84	0,75	1,00	0,60	0,90	1,12
SE	Duplo	3,30	0,84	0,75	1,00	0,60	0,90	1,12
SE	Duplo	3,30	0,84	0,75	1,00	0,60	0,90	1,12
SE	Duplo	3,30	0,84	0,75	1,00	0,60	0,90	1,12
SE	Duplo	3,30	0,84	0,75	1,00	0,60	0,90	1,12
SE	Duplo	3,30	0,84	0,75	1,00	0,60	0,90	1,12
SE	Duplo	3,30	0,84	0,75	1,00	0,60	0,90	1,12
SE	Duplo	3,30	0,84	0,75	1,00	0,60	0,90	1,12
SE	Duplo	3,30	0,84	0,75	1,00	0,60	0,90	1,12
SE	Duplo	3,30	0,84	0,75	1,00	0,60	0,90	1,12
Área efetiva total equivalente na orientação sul ( $\text{m}^2$ )								12,35

Como todos os envidraçados estão orientados a sudeste, segundo o Quadro IV.4 do RCCTE o fator de orientação assume o valor de 0,84. Já para a definição do fator solar dos envidraçados, é necessário ter em conta que estes são vidros duplos incolor + incolor, de 4 mm a 8 mm com lâmina de ar de 5mm de espessura, o que segundo a Tabela IV.4.1 do RCCTE, equivale a um fator solar de 0.75. Uma vez que o edifício escolar não tem

nenhum edifício à sua volta, o fator de sombreamento do horizonte assume o valor 1 (Tabela IV.5 do RCCTE). Da mesma forma, como o edifício não tem palas horizontais ou verticais, os fatores de sombreamento por elementos horizontais e por elementos verticais também assumem o valor 1 (Tabela IV.6 e Tabela IV.7 do RCCTE). Já a fracção envidraçada foi obtida a partir do Quadro IV.5 do referido documento. Uma vez que as janelas são de alumínio, com caixilho quadriculado, a fracção envidraçada tem o valor de 0,60.

Então, multiplicando a área efetiva total equivalente na orientação sul pelo valor da energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento e pela duração da estação de aquecimento (em meses), obtêm-se os ganhos solares brutos, que neste caso assumem o valor de 8891,47 kWh/ano.

Com estes valores é então possível calcular os ganhos totais úteis, tal como apresentado na Tabela 25.

**Tabela 25 – Ganhos totais úteis**

$\gamma =$		$\frac{\text{Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos}}{\text{Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	$\frac{20709,66}{76507,19}$
Inércia do Edifício:	<b>Forte</b>	a = 4,2	$\gamma =$ <b>0,233</b>
Factor de Utilização dos Ganhos Solares		( $\eta$ )	<b>0,998</b>
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos			<b>20709,66</b>
			=
<b>Ganhos Totais Úteis (KWh/ano)</b>			<b>20674,66</b>

Para o cálculo do valor máximo das necessidades de aquecimento ( $N_i$ ) é necessário calcular o fator de forma (FF). Para isso são necessárias as áreas registadas na Tabela 26.

**Tabela 26 – Áreas dos elementos**

Elemento	A (m <sup>2</sup> )	A. $\tau$ (m <sup>2</sup> )
Paredes exteriores	163,06	
Envidraçados exteriores	39,60	
Paredes interiores		49,58
Coberturas interiores		101,16
<b>ÁREA TOTAL</b>	<b>353,40</b>	

Assim, dividindo o valor obtido pelo volume da fração, obtém-se o fator de forma que no caso em estudo assume o valor 0,355. Deste modo, a expressão para o cálculo das necessidades de aquecimento máximas é:

$$Ni = 4,5 + 0,0395GD = 4,5 + 0,0395 \times 2440 = 100,88 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \quad (7)$$

Para o cálculo das necessidades nominais de aquecimento é preciso obter o coeficiente global de perdas (Tabela 27).

**Tabela 27 – Coeficiente global de perdas**

<b>Perdas térmicas associadas a:</b>	<b>(W/°C)</b>
Envolvente exterior	615,49
Envolvente interior	255,13
Vãos envidraçados	156,09
Renovação de ar	288,01
<b>COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS</b>	<b>1314,73</b>

Multiplicando este coeficiente pelo número de Graus-Dia no local obtêm-se as necessidades brutas de aquecimento, que neste caso assumem o valor de 76990,31 kWh/ano. Subtraindo a este valor os ganhos totais úteis têm-se então as necessidades de aquecimento (56315,65 kWh/ano). Por fim, dividindo este valor pela área útil de pavimento obtêm-se as necessidades nominais de aquecimento, que no caso em estudo são 192,13 kWh/m<sup>2</sup>.ano, ou seja, atingem um valor superior às necessidades nominais de aquecimento máximas, facto este que contraria o regulamentado no RCCTE e reflete a necessidade de um reforço do isolamento térmico do edifício escolar.

Já para a situação de Verão, interessa determinar as necessidades nominais de arrefecimento. Para isso, primeiro torna-se necessário contabilizar todas as perdas do edifício (Tabela 28).

**Tabela 28 – Perdas específicas totais**

	<b>W/°C</b>
Perdas associadas às paredes exteriores	420,69
Perdas associadas aos envidraçados exteriores	156,09
Perdas associadas à renovação de ar	288,01
<b>PERDAS ESPECÍFICAS TOTAIS</b>	<b>864,79</b>

Subtraindo a temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (obtida através do Quadro III.9 do RCCTE para uma zona V1 Norte – 19°C) à temperatura interior de referência (25°C), obtém-se a diferença de temperatura interior-exterior – 6°C. Multiplicando então este valor pelas perdas específicas totais obtém-se as perdas térmicas totais – 15192,71 kWh.

Os ganhos solares pela envolvente opaca calculam-se como representado na Tabela 29.

**Tabela 29 – Ganhos solares pela envolvente opaca**

	<b>Por orientação e horizontal</b>	
	SE	NW
<b>Área, A (m<sup>2</sup>)</b>	76,00	87,06
	x	x
<b>U (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	2,58	2,58
	x	x
<b>Coefficiente de absorção, <math>\alpha</math></b>	0,40	0,40
	=	=
<b><math>\alpha.U.A</math> (W/°C)</b>	78,43	89,85
	x	x
<b>Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	430,00	300,00
	x	x
	0,04	0,04
	=	=
<b>Ganhos Solares pela envolvente opaca (kWh)</b>	1349,03	1078,15
<b>TOTAL (kWh)</b>	2427,18	

Para a determinação do coeficiente de absorção considera-se uma cor clara para a superfície exterior da proteção solar. Deste modo, pelo Quadro V.5 do RCCTE, o coeficiente de absorção assume o valor 0,4. Já para determinar os valores da intensidade da radiação solar para a estação convencional de arrefecimento recorre-se ao Quadro III.9 do mesmo diploma.

Os ganhos solares pelos envidraçados calculam-se conforme a Tabela 30.

Tabela 30 – Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores

	Por orientação e horizontal
	SE
Área, A (m <sup>2</sup> )	39,60
	x
Fator solar do vão envidraçado	0,71
	x
Fração envidraçada, F <sub>g</sub>	0,60
	x
Fator de obstrução, F <sub>s</sub>	1,00
	x
Fator de seletividade do vidro, F <sub>w</sub>	0,85
	=
Área efetiva, A <sub>e</sub> (m <sup>2</sup> )	14,34
	x
Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m <sup>2</sup> )	430,00
	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh)	6165,84

Para a determinação do fator solar do vão envidraçado é preciso ter em conta que para dispositivos de sombreamento móveis, considera-se a soma de 30% do fator solar do vidro e 70% do fator solar do envidraçado com a proteção móvel ativa. Desta forma, para os envidraçados das salas de aula considera-se 30% do fator solar do vidro (0,75) e 70% do fator solar do vão com proteção solar composta por estores de lâminas de cor escura aplicados pelo interior (0,69), o que equivale a um fator solar de 0,71. O fator de seletividade angular dos envidraçados é obtido através do Quadro V.3 do RCCTE, tendo em conta a orientação destes.

Para o cálculo dos ganhos internos o processo de cálculo é o apresentado na Tabela 31.

**Tabela 31 – Ganhos internos totais (kWh)**

<b>Ganhos internos médios (W/m<sup>2</sup>)</b>	7,00
	x
<b>Área útil do pavimento (m<sup>2</sup>)</b>	293,11
	x
	2,928
	=
<b>Ganhos internos totais (kWh)</b>	6007,58

Os ganhos térmicos médios por unidade de área útil de pavimento dependem do tipo de edifício. Desta forma, considera-se o edifício escolar equivalente a edifícios de escritórios e comércio o que através do Quadro IV.3 do RCCTE equivale a um valor 7,00 W/m<sup>2</sup> de ganhos térmicos internos médios.

Assim, os ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão) são o resultado da soma representada na Tabela 32.

**Tabela 32 – Ganhos térmicos totais**

<b>Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores</b>	6165,80
	+
<b>Ganhos solares pela envolvente opaca exterior</b>	2427,18
	+
<b>Ganhos internos</b>	6007,58
	=
<b>Ganhos térmicos totais (kWh)</b>	14600,60

Dividindo os ganhos térmicos totais pelas perdas térmicas totais obtém-se o fator  $\gamma$  – 0,96. Como  $\gamma$  é diferente de 1, então o fator de utilização dos ganhos solares ( $\eta$ ) é calculado através da equação:

$$\eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} = \frac{1-0,96^{4,2}}{1-0,96^{4,2+1}} = 0,823 \quad (8)$$

De notar que o coeficiente  $a$  assume o valor 4,2 visto ser um edifício com inércia térmica forte.

Então, as necessidades nominais de arrefecimento são calculadas como apresentado na Tabela 33.

**Tabela 33 – Necessidades nominais de arrefecimento**

	1
	-
<b>Fator de utilização dos ganhos solares, <math>\eta</math></b>	0,823
	=
	0,177
	x
<b>Ganhos térmicos totais (kWh)</b>	14600,60
	=
<b>Necessidades brutas de arrefecimento (kWh/ano)</b>	2578,50
	/
<b>Área útil de pavimento (m<sup>2</sup>)</b>	293,11
	=
<b>Necessidades nominais de arrefecimento – <math>N_{vc}</math> (kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>	8,80

O RCCTE para a zona V<sub>1</sub> Norte define o valor de 16 kWh/m<sup>2</sup>.ano para as necessidades nominais de arrefecimento máximas. Deste modo, as necessidades de arrefecimento calculadas estão de acordo com o exigido pelo referido documento.

Torna-se então claro que a estação mais sensível é a estação de aquecimento. Olhando para a Tabela 34 percebe-se facilmente a urgente necessidade de reduzir os custos com o aquecimento do edifício escolar.

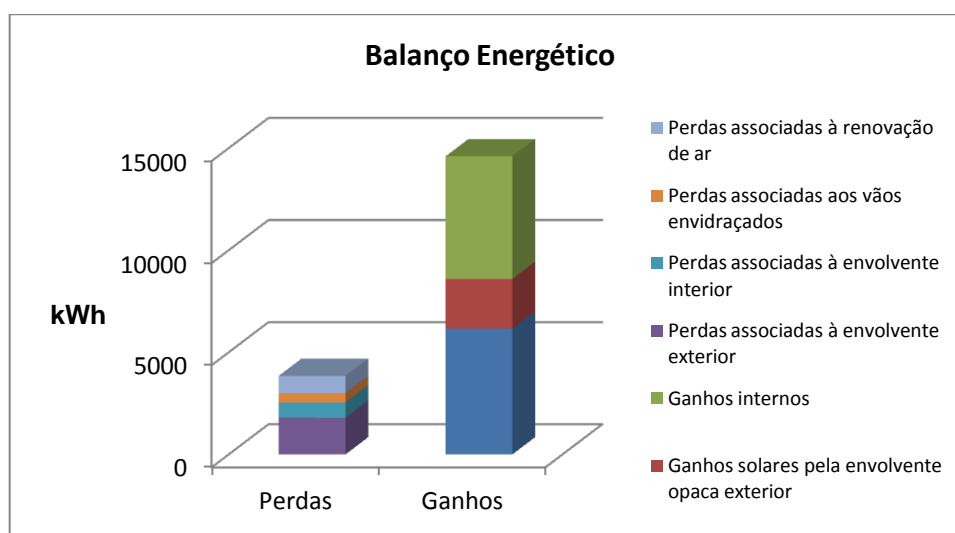
**Tabela 34 – Custos de fonte energética**

<b>Energia</b>	<b>Custo (€/kWh)</b>	<b>Necessidades de aquecimento (kWh/ano)</b>	<b>Preço (€/ano)</b>
Eletricidade	0,135	56315,65	7602,61
Gás Natural	0,063		3547,89
Gás propano	0,135		7602,61
Gás butano	0,131		7377,35
Gasóleo	0,686		38632,50

Tendo em conta que na maioria das escolas visitadas o aquecimento é feito através de caldeiras a gasóleo (apenas uma utilizava madeira), observa-se então que os encargos das escolas com o aquecimento rondam os 40000 euros, valor incomportável para a maioria delas.

Torna-se assim necessário efetuar intervenções no edifício de forma a que os custos de manutenção e exploração baixem significativamente. Observando o gráfico da Figura 36 é

possível constatar que parte significativa das perdas energéticas está associada à envolvente exterior. Deste modo, ir-se-á optar por propor um reforço do isolamento das paredes desta envolvente com recurso a placas de XPS (poliestireno expandido extrudido). Da mesma forma, é possível observar que os vãos envidraçados exteriores são responsáveis por parte significativa dos ganhos solares, logo torna-se também necessário corrigir este aspeto quer com a substituição dos vãos envidraçados existentes, quer com a substituição das proteções solares interiores existentes por outras mais eficazes.

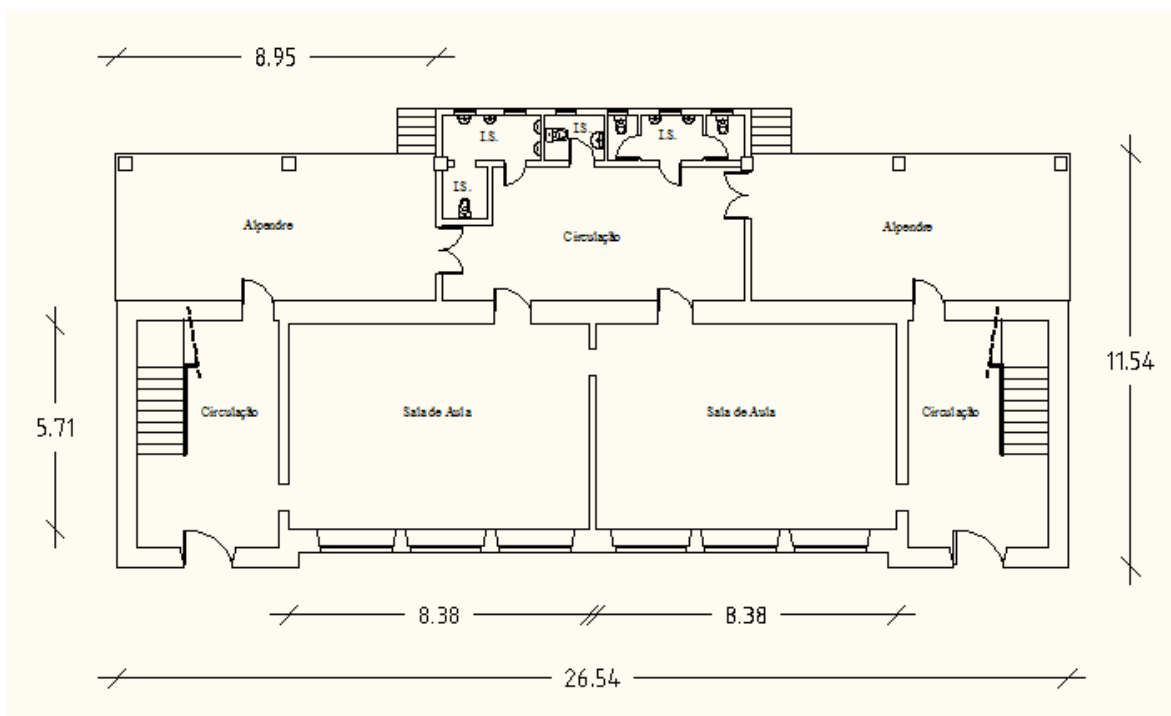


**Figura 36 – Balanco energético do edificio**

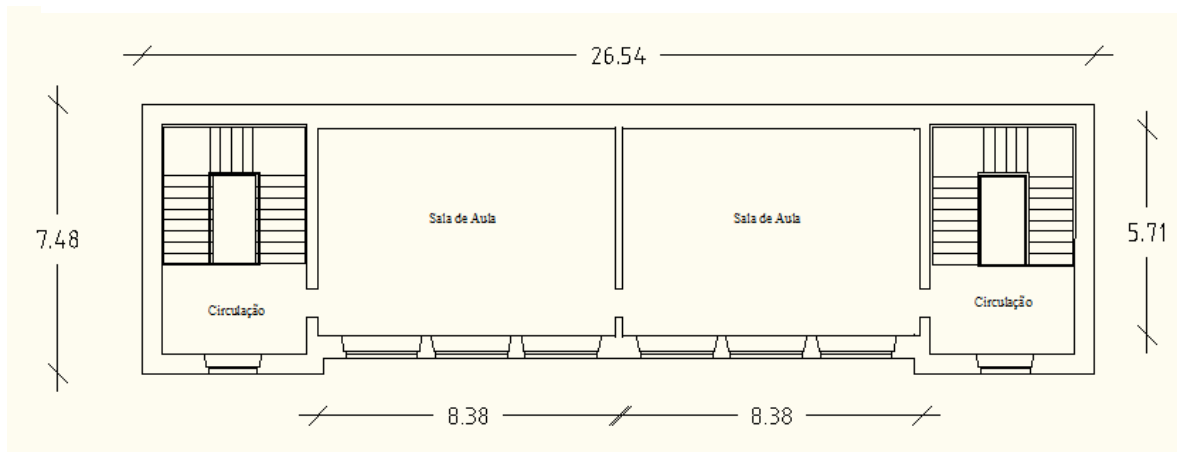


### 5.5.1. Proposta de reabilitação

Para o cálculo da solução de reabilitação proposta optou-se por efetuar o reforço das paredes da envolvente com a aplicação das placas de XPS pelo interior, dado que se tem que manter a pedra de granito à vista nas fachadas exteriores. Assim, as áreas do edifício passaram a ter valores inferiores aos apresentados anteriormente, conforme ilustram a Figura 37 e Figura 38.

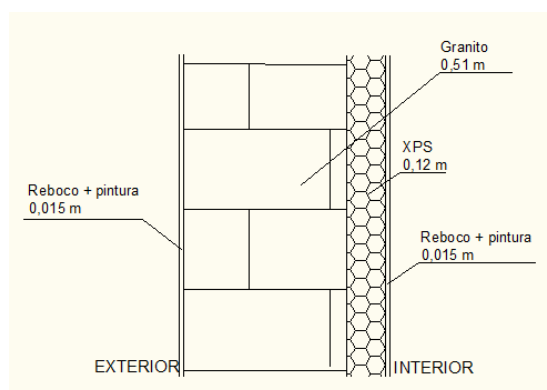


**Figura 37 – Planta do Rés-do-chão com as novas dimensões**

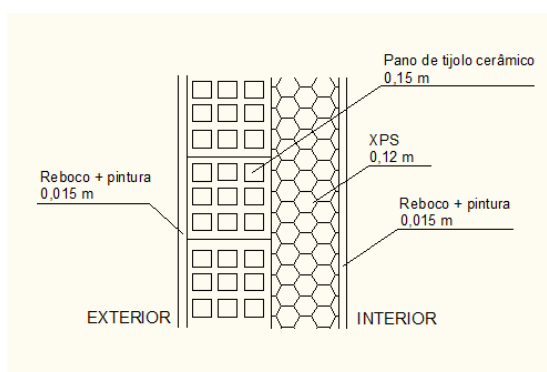


**Figura 38 – Planta do 1º Andar com as novas dimensões**

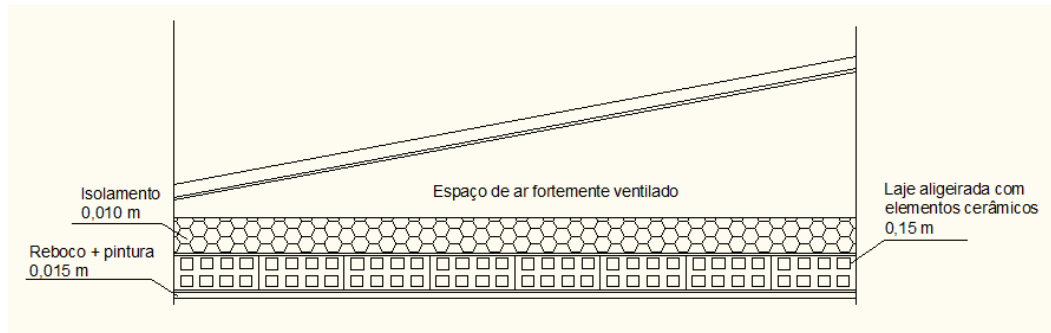
De seguida apresentam-se os pormenores das paredes e das lajes a intervir (Figura 39 à Figura 42).



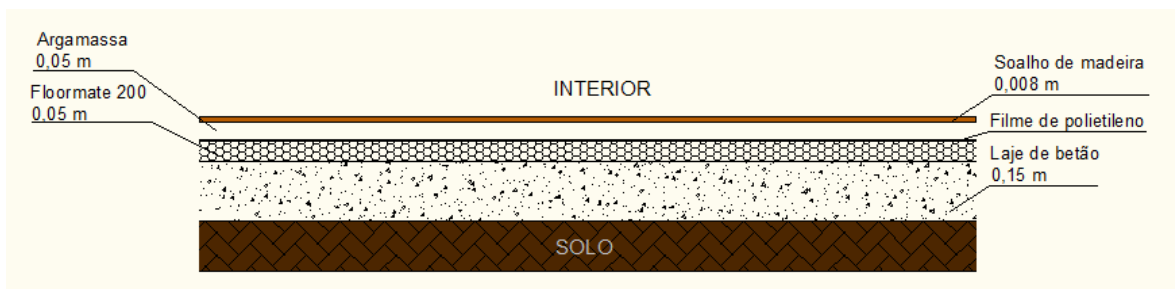
**Figura 39 – Pormenor da parede de granito a intervir**



**Figura 40 – Pormenor da parede de alvenaria de tijolo a intervir**



**Figura 41 – Pormenor da laje de esteira a intervir**



**Figura 42 – Pormenor da laje de pavimento térreo a intervir**

Para o cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício segundo o RCCTE o primeiro passo a dar, tal como no capítulo anterior é a marcação da envolvente do edifício, tal como representado nas Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34 e Figura 35.

Os cálculos dos coeficientes de transmissão térmica das paredes e da laje de esteira foram efetuados com base na expressão da fórmula (5) e daí resultaram os seguintes valores:

$$U_{\text{pared exterior}} = 0.27 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{°C}$$

$$U_{\text{pared anterior}} = 0.25 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U_{\text{laje ascendente}} = 0.88 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U_{\text{laje descendente}} = 0.78 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Deste modo, e com base no Anexo IX do RCCTE é possível verificar se o edifício cumpre os requisitos mínimos definidos por este documento.

Assim, para elementos verticais exteriores da envolvente localizados na zona climática I<sub>3</sub>, o RCCTE impõem que o coeficiente de transmissão térmica superficial máximo seja 1,45 W/m<sup>2</sup>°C. Então, como o valor obtido no cálculo anterior foi 0,27 W/m<sup>2</sup>°C, conclui-se que esta parede verifica os requisitos mínimos.

Para elementos verticais interiores da envolvente localizados na zona climática I<sub>3</sub>, o RCCTE define que o coeficiente de transmissão térmica superficial máximo seja 1,90 W/m<sup>2</sup>°C. Então, como o valor obtido no cálculo anterior foi 0,25 W/m<sup>2</sup>°C, conclui-se que esta parede verifica os requisitos mínimos.

Para elementos horizontais interiores da envolvente localizados na zona climática I<sub>3</sub>, o RCCTE impõem que o coeficiente de transmissão térmica superficial máximo seja 1,20 W/m<sup>2</sup>°C. Então, como o valor máximo obtido no cálculo anterior foi 0,88 W/m<sup>2</sup>°C (correspondente ao fluxo ascendente), conclui-se que a laje de esteira verifica os requisitos mínimos.

Para a quantificação da inércia térmica interior efetuaram-se os cálculos representados na Tabela 35.

**Tabela 35 – Cálculo da inércia térmica interior**

Cálculo da inércia térmica interior				
Elementos de construção	Msi (kg/m <sup>2</sup> )	Si (m <sup>2</sup> )	Fator de correção (r)	Msi.Si.r (kg)
Paredes da envolvente	96,00	242,16	1,00	23247,80
Laje de pavimento térreo	60,00	95,70	1,00	5742,00
Paredes interiores	210,00	32,70	1,00	6867,00
Laje entre pisos	300,00	95,70	1,00	28710,00
TOTAL				64566,80

Dividindo o valor obtido na Tabela pela área útil de pavimento (287,00 m<sup>2</sup>), obtém-se então a massa superficial útil por metro quadrado que é 225,00 kg/m<sup>2</sup>. Desta forma, através do Quadro VII.6 do RCCTE tem-se que a classe de inércia térmica é média.

Os vãos envidraçados a introduzir no edifício devem ser do tipo Comfort Plus T70, com vidros do tipo Planilux (6mm de espessura do vidro exterior, 18mm de caixa de ar e 4mm de espessura do vidro interior). Desta forma, o fator solar dos envidraçados é 0,72 e o coeficiente de transmissão térmica assume o valor de 2,5 W/m<sup>2</sup>°C. A proteção solar dos vãos envidraçados será feita pelo interior com recurso a cortinas Blackout opacas de cor clara. Deste modo, o valor do fator solar dos vãos envidraçados com proteção solar ativada a 100% é 0,37. Para uma classe de inércia térmica média na zona climática V<sub>1</sub>, o RCCTE através do Quadro IX.2 define que o fator solar máximo admissível de vãos envidraçados é 0,56, logo estão verificados os requisitos mínimos dos envidraçados.

Para o cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício segundo o RCCTE, os dados climáticos que se utilizaram no cálculo anterior mantêm-se.

A área útil de pavimento é 287,00 m<sup>2</sup> e o pé-direito médio considerado é 3,29 m.

De seguida apresentam-se na Tabela 36 à Tabela 39 os valores a considerar para a envolvente exterior.

**Tabela 36 – Medições da envolvente exterior**

Elemento	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	Orientação
Parede exterior de granito com reforço de XPS (12 cm) - SE	70,68	0,27	SE
Parede exterior de granito com reforço de XPS (12 cm) - NW	82,48	0,27	NW

**Tabela 37 – Medição do pavimento em contato com o solo**

Elemento	Perímetro B (m)	Ψ (W/m °C)
Pavimento em contato com o solo	56,36	0,50

**Tabela 38 – Pontes térmicas lineares na envolvente exterior**

Pontes térmicas lineares	Comprimento (m)	Ψ (W/m °C)
Fachadas com os pavimentos térreos	25,09	0,50
Fachadas com pavimentos intermédios	33,52	0,30
Fachada com padieira, ombrel, peitoril	26,00	0,00

Para a definição dos coeficientes de transmissão térmica linear ( $\Psi$ ), recorre-se ao Anexo IV do RCCTE. Deste modo, para a ligação da fachada com pavimentos térreos, tendo em conta que o isolamento é aplicado pelo interior, que o desnível entre o solo e o pavimento é inferior a 40 cm e que a espessura da laje é 15 cm, tem-se que o coeficiente de transmissão térmica linear é 0,50. Já para a ligação da fachada com pavimentos intermédios, uma vez que a espessura da parede é superior a 30 cm, obtém-se um coeficiente de transmissão térmica linear de 0,30. Por último, para as ligações da fachada com padieira/peitoril, considera-se que o isolamento (feito pelo interior) tem contato com a caixilharia o que representa um valor do coeficiente de transmissão térmica linear igual a 0,00.

**Tabela 39 – Vãos envidraçados exteriores**

Vãos envidraçados exteriores	Orientação	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	g (inv)	g (verão)	Fh.Fo.Ff (inv.)	Fh.Fo.Ff (verão)	Fg (inv.)	Fg (verão)	Fw (inv.)	Fg (verão)
Vidro duplo 1	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 2	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 3	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 4	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 5	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 6	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 7	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 8	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 9	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 10	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 11	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85
Vidro duplo 12	SE	3,30	2,50	0,72	0,37	1,00	1,00	0,60	0,60	0,90	0,85

Assim, é possível calcular que a área total dos envidraçados é 39,60 m<sup>2</sup>, sendo inferior a 15% da área de pavimento (43 m<sup>2</sup>).

Os valores a considerar para a envolvente interna estão expressos na Tabela 40.

**Tabela 40 – Medições da envolvente interna**

Elemento	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	Tau (τ)
Parede de granito com reforço de XPS (12 cm)	11,75	0,27	0,5
Parede de granito com reforço de XPS (12 cm)	11,85	0,27	0,5
Parede de tijolo com XPS (12cm)	30,91	0,25	0,5
Parede de tijolo com XPS (12cm)	30,91	0,25	0,5
Laje de esteira (desvão de cobertura)	47,85	0,88	1
Laje de esteira (desvão de cobertura)	47,85	0,88	1

Os valores de  $\tau$  foram definidos a partir da Tabela IV.1 do RCCTE. Deste modo, para as paredes considera-se que os espaços não úteis considerados são circulações comuns com abertura permanente para o exterior, com áreas de aberturas permanentes por volume total inferiores a 0,05 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Para as coberturas considera-se que o espaço não útil é uma cobertura sobre desvão fortemente ventilado não habitado.

Com os valores das envolventes definidos e seguindo o método definido pelo RCCTE, procede-se ao preenchimento das folhas de cálculo que constam no Anexo IV do referido documento.

Desta forma, para situação de Inverno, as perdas associadas à envolvente exterior são as apresentadas seguidamente.

**Tabela 41 – Perdas associadas à envolvente exterior (paredes exteriores)**

Paredes exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	U.A (W/°C)
Parede exterior de granito com reforço de XPS (12 cm) - SE	70,68	0,27	19,08
Parede exterior de granito com reforço de XPS (12 cm) - NW	82,48	0,27	22,27
		TOTAL	41,35

**Tabela 42 – Perdas associadas à envolvente exterior (paredes e pavimentos em contato com o solo)**

Paredes e pavimentos em contato com o solo	Perímetro B (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ.B (W/°C)
Pavimento em contato com o solo	56,36	0,50	28,18
		TOTAL	28,18

**Tabela 43 – Perdas associadas à envolvente exterior (pontes térmicas lineares)**

<b>Pontes térmicas lineares</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b><math>\Psi</math> (W/m°C)</b>	<b><math>\Psi.B</math> (W/°C)</b>
Fachadas com pavimentos térreos	25,09	0,50	12,55
Fachadas com pavimentos intermédios	33,52	0,30	10,06
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	26,00	0,00	0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>22,60</b>

Então, as perdas pela envolvente exterior da fração são de 92,13 W/°C.

Para situação de Inverno, as perdas associadas à envolvente interior são as apresentadas seguidamente.

**Tabela 44 – Perdas associadas à envolvente interior**

<b>Paredes em contato com espaços não úteis</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>Tau (<math>\tau</math>)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
Parede de granito com reforço de XPS (12 cm)	11,75	0,27	0,50	1,59
Parede de granito com reforço de XPS (12 cm)	11,85	0,27	0,50	1,60
Parede de tijolo (15cm) + XPS	30,91	0,25	0,50	3,86
Parede de tijolo (15cm) + XPS	30,91	0,25	0,50	3,86
Laje de esteira	47,85	0,88	1,00	42,11
Laje de esteira	47,85	0,88	1,00	42,11
			<b>TOTAL</b>	<b>95,13</b>

Então, as perdas pela envolvente interior da fração são de 95,13 W/°C. Já as perdas associadas aos vãos exteriores são de 90,75 W/°C, como é possível observar na Tabela 45.



**Tabela 45 – Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores**

Vãos envidraçados verticais exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	U.A (W/°C)
Vidro duplo 1	3,30	2,50	8,25
Vidro duplo 2	3,30	2,50	8,25
Vidro duplo 3	3,30	2,50	8,25
Vidro duplo 4	3,30	2,50	8,25
Vidro duplo 5	3,30	2,50	8,25
Vidro duplo 6	3,30	2,50	8,25
Vidro duplo 7	3,30	2,50	8,25
Vidro duplo 8	3,30	2,50	8,25
Vidro duplo 9	3,30	2,50	8,25
Vidro duplo 10	3,30	2,50	8,25
Vidro duplo 11	3,30	2,50	8,25
Vidro duplo 12	3,30	2,50	8,25
		TOTAL	90,75

Para o cálculo das perdas associadas à renovação de ar, o volume interior (m<sup>3</sup>) é obtido multiplicando a área útil de pavimento pelo pé-direito médio. Desta forma, tem-se que o volume interior é de 944,23 m<sup>3</sup>. Como no caso de estudo em análise apenas existem meios que permitam ventilação natural, o cálculo desta é feito tal como representado na Tabela 46.

**Tabela 46 – Perdas associadas à renovação de ar**

Cumprir NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>	se SIM:	<input type="text" value="RPH = 0.6"/>
Se Não:				
Classe da Caixilharia	(s/c,1,2 ou 3)	<input type="text" value="3"/>		
Caixas de estore	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>		
Classe de exposição	(1,2,3 ou 4)	<input type="text" value="2"/>		
Aberturas auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>		
Área de envidraçados > 15% x Ap ?	(S ou N)	<input type="text" value="NÃO"/>		
Portas exteriores bem vedadas ?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>		
			Taxa de renovação nominal	
			RPH =	<input type="text" value="0,70"/>

A classe de exposição é definida através do Quadro IV.2 do RCCTE. Desta forma, considerando uma altura acima do solo inferior a 10 m, e que o edifício se encontra na Região A e está sujeito a Rugosidade II (edifícios situados na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural), então a classe de exposição é a classe 2. Desta forma, pelo Quadro IV.1 do RCCTE, tendo em consideração a classe de exposição referida, que existem dispositivos de admissão na fachada, que a classe da caixilharia é Classe 3 e que não existe caixa de estores, a taxa de renovação nominal é  $0,70 \text{ h}^{-1}$ , o que equivale a  $272,88 \text{ W/}^\circ\text{C}$ .

Para o cálculo dos ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno) torna-se necessário sistematizar a informação tal como representado na Tabela 47.

**Tabela 47 – Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área ( $\text{m}^2$ )	Fator de orientação X	Fator solar do vidro g	Fator de obstrução $F_s = F_h.F_o.F_f$	Fracção envidraçada $F_g$	Fator de sel. Angular $F_w$	Área efetiva ( $\text{m}^2$ )
SE	Duplo	3,30	0,84	0,72	1,00	0,60	0,90	1,08
SE	Duplo	3,30	0,84	0,72	1,00	0,60	0,90	1,08
SE	Duplo	3,30	0,84	0,72	1,00	0,60	0,90	1,08
SE	Duplo	3,30	0,84	0,72	1,00	0,60	0,90	1,08
SE	Duplo	3,30	0,84	0,72	1,00	0,60	0,90	1,08
SE	Duplo	3,30	0,84	0,72	1,00	0,60	0,90	1,08
SE	Duplo	3,30	0,84	0,72	1,00	0,60	0,90	1,08
SE	Duplo	3,30	0,84	0,72	1,00	0,60	0,90	1,08
SE	Duplo	3,30	0,84	0,72	1,00	0,60	0,90	1,08
SE	Duplo	3,30	0,84	0,72	1,00	0,60	0,90	1,08
SE	Duplo	3,30	0,84	0,72	1,00	0,60	0,90	1,08
Área efetiva total equivalente na orientação sul ( $\text{m}^2$ )								11,86

Como todos os envidraçados estão orientados a sudeste, segundo o Quadro IV.4 do RCCTE o fator de orientação assume o valor de 0,84. Uma vez que o edifício escolar não tem nenhum edifício à sua volta, o fator de sombreamento do horizonte assume o valor 1 (Tabela IV.5 do RCCTE). Da mesma forma, como o edifício não tem palas horizontais ou verticais, os fatores de sombreamento por elementos horizontais e por elementos verticais também assumem o valor 1 (Tabela IV.6 e Tabela IV.7 do RCCTE).

É ainda necessário verificar se  $X.F_h.F_o.F_f$  é maior que 0,27.

$$X.F_h.F_o.F_f = 0,84 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 > 0,27 \text{ OK!} \quad (9)$$

Então, multiplicando a área efetiva total equivalente a orientação sul pelo valor da energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento e pela duração da estação de aquecimento (em meses), obtêm-se os ganhos solares brutos, que neste caso assumem o valor de 8535,81 kWh/ano.

Com estes valores é então possível calcular os ganhos totais úteis, tal como apresentado na Tabela 48.

**Tabela 48 – Ganhos totais úteis**

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos}}{\text{Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$		$\frac{20107,65}{32260,48}$
Inércia do Edifício:	<b>Média</b>	$a = 2,6$
		$\gamma = \mathbf{0,233}$
Fator de Utilização dos Ganhos Solares		( $\eta$ ) <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,983</span>
		x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">20107,65</span>
		=
<b>Ganhos Totais Úteis (KWh/ano)</b>		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>19756,43</b></span>

Para o cálculo do valor máximo das necessidades de aquecimento ( $N_i$ ) é necessário calcular o fator de forma (FF). Para isso são necessárias as áreas registadas na Tabela 49.

**Tabela 49 – Áreas dos elementos**

Elemento	A (m <sup>2</sup> )	A.τ (m <sup>2</sup> )
Paredes exteriores	153,16	
Envidraçados exteriores	39,60	
Paredes interiores		42,71
Coberturas interiores		95,70
ÁREA TOTAL		331,17

Assim, dividindo a área total obtida na Tabela anterior pelo volume da fração, obtém-se o fator de forma que no caso em estudo assume o valor 0,351. Deste modo, a expressão para o cálculo das necessidades de aquecimento máximas é:

$$Ni = 4,5 + 0,0395GD = 4,5 + 0,0395 \times 2440 = 100,88 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \quad (10)$$

Para o cálculo das necessidades nominais de aquecimento é preciso obter o coeficiente global de perdas (Tabela 50).

**Tabela 50 – Coeficiente global de perdas**

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente exterior	92,13
Envolvente interior	95,15
Vãos envidraçados	90,75
Renovação de ar	272,88
COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS	550,90

Multiplicando este coeficiente pelo número de Graus-Dia no local obtêm-se as necessidades brutas de aquecimento, que neste caso assumem o valor de 32260,48 kWh/ano. Subtraindo a este valor os ganhos totais úteis têm-se então as necessidades de aquecimento (12504,05 kWh/ano). Por fim, dividindo este valor pela área útil de pavimento obtêm-se as necessidades nominais de aquecimento, que no caso em estudo são 43,57 kWh/m<sup>2</sup>.ano, ou seja, atingem um valor inferior às necessidades nominais de aquecimento máximas, facto este que respeita o determinado pelo RCCTE.

Já para a situação de Verão, interessa determinar as necessidades nominais de arrefecimento. Para isso, primeiro torna-se necessário contabilizar todas as perdas do edifício (Tabela 51).

**Tabela 51 – Perdas específicas totais**

	W/°C
Perdas associadas às paredes exteriores	41,35
Perdas associadas aos envidraçados exteriores	90,75
Perdas associadas à renovação de ar	272,88
<b>PERDAS ESPECÍFICAS TOTAIS</b>	<b>404,99</b>

Subtraindo a temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (obtida através do Quadro III.9 do RCCTE para uma zona V1 Norte – 19°C) à temperatura interior de referência (25°C), obtém-se a diferença de temperatura interior-exterior – 6°C. Multiplicando então este valor pelas perdas específicas totais obtêm-se as perdas térmicas totais – 7114,79 kWh.

Os ganhos solares pela envolvente opaca calculam-se como representado na Tabela 52.

**Tabela 52 – Ganhos solares pela envolvente opaca**

	Por orientação e horizontal	
	SE	NW
Área, A (m <sup>2</sup> )	70,68	82,48
	x	x
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,27	0,27
	x	x
Coefficiente de absorção, $\alpha$	0,40	0,40
	=	=
$\alpha \cdot U \cdot A$ (W/°C)	7,63	8,91
	x	x
Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m <sup>2</sup> )	430,00	300,00
	x	x
	0,04	0,04
	=	=
<b>Ganhos Solares pela envolvente opaca (kWh)</b>	<b>131,30</b>	<b>106,89</b>
<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>238,19</b>	

Para a determinação do coeficiente de absorção considera-se uma cor clara para a superfície exterior da proteção solar. Deste modo, pelo Quadro V.5 do RCCTE, o coeficiente de absorção assume o valor 0,4. Já para determinar os valores da intensidade da radiação solar para a estação convencional de arrefecimento recorre-se ao Quadro III.9 do mesmo diploma.

Os ganhos solares pelos envidraçados calculam-se conforme a Tabela 53.

**Tabela 53 – Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores**

	<b>Por orientação e horizontal</b>
	<b>SE</b>
<b>Área, A (m<sup>2</sup>)</b>	39,60
	x
<b>Fator solar do vão envidraçado</b>	0,48
	x
<b>Fração envidraçada, F<sub>g</sub></b>	0,60
	x
<b>Fator de obstrução, F<sub>s</sub></b>	1,00
	x
<b>Fator de seletividade do vidro, F<sub>w</sub></b>	0,85
	=
<b>Área efetiva, A<sub>e</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	9,69
	x
<b>Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	430,00
	=
<b>Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh)</b>	4168,50

Para a determinação do fator solar do vão envidraçado é preciso ter em conta que para dispositivos de sombreamento móveis, considera-se a soma de 30% do fator solar do vidro e 70% do fator solar do envidraçado com a proteção móvel atuada. Desta forma, para os envidraçados das salas de aula considera-se 30% do fator solar do vidro (0,72) e 70% do fator solar do vão com proteção solar pelo interior composta por cortinas Blackout opacas de cor clara (0,37), o que equivale a um fator solar de 0,48.

O fator de seletividade angular dos envidraçados é obtido através do Quadro V.3 do RCCTE, tendo em conta a orientação destes.

Para o cálculo dos ganhos internos o processo de cálculo é o apresentado na Tabela 54.

**Tabela 54 – Ganhos internos totais (kWh)**

<b>Ganhos internos médios (W/m<sup>2</sup>)</b>	7,00
	x
<b>Área útil do pavimento (m<sup>2</sup>)</b>	287,00
	x
	2,928
	=
<b>Ganhos internos totais (kWh)</b>	5882,35

Os ganhos térmicos médios por unidade de área útil de pavimento dependem do tipo de edifício. Desta forma, considera-se o edifício escolar equivalente a edifícios de escritórios e comércio o que através do Quadro IV.3 do RCCTE equivale a um valor 7,00 W/m<sup>2</sup> de ganhos térmicos internos médios.

Assim, os ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão) são o resultado da soma representada na Tabela 55.

**Tabela 55 – Ganhos térmicos totais**

<b>Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores</b>	4168,50
	+
<b>Ganhos solares pela envolvente opaca exterior</b>	238,19
	+
<b>Ganhos internos</b>	5882,35
	=
<b>Ganhos térmicos totais (kWh)</b>	10289,00

Dividindo os ganhos térmicos totais pelas perdas térmicas totais obtém-se o fator  $\gamma$  – 1,45. Como  $\gamma$  é diferente de 1, então o fator de utilização dos ganhos solares ( $\eta$ ) é calculado através da equação:

$$\eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} = \frac{1-1,45^{2,6}}{1-1,45^{2,6+1}} = 0,580 \quad (11)$$

De notar que o coeficiente  $a$  assume o valor 2,6 visto ser um edifício com inércia térmica média.

Então, as necessidades nominais de arrefecimento são calculadas como apresentado na Tabela 56.

**Tabela 56 – Necessidades nominais de arrefecimento**

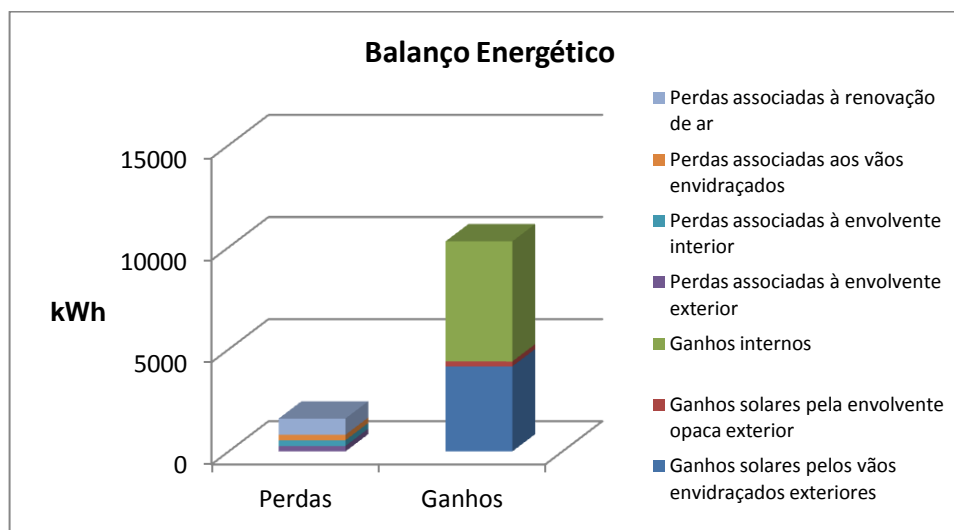
	1
	-
<b>Fator de utilização dos ganhos solares, <math>\eta</math></b>	0,580
	=
	0,420
	x
<b>Ganhos térmicos totais (kWh)</b>	10289,00
	=
<b>Necessidades brutas de arrefecimento (kWh/ano)</b>	4318,63
	/
<b>Área útil de pavimento (<math>m^2</math>)</b>	287,00
	=
<b>Necessidades nominais de arrefecimento – <math>N_{vc}</math> (kWh/<math>m^2</math>.ano)</b>	15,05

O RCCTE para a zona  $V_1$  Norte define o valor de 16 kWh/ $m^2$ .ano para as necessidades nominais de arrefecimento máximas. Deste modo, as necessidades de arrefecimento calculadas estão de acordo com o exigido pelo referido documento.

#### **Olhando agora para o balanço energético resultante da correção térmica efetuada**

Figura 43 observa-se que a renovação de ar (mínima necessária) é a grande responsável pelas perdas térmicas que ocorrem no edifício.





**Figura 43 – Balço energético após correção térmica**

Importa então calcular o custo que as necessidades de aquecimento implicam, após ter-se feito a correção térmica (Tabela 57). Tendo em conta que a fonte energética de aquecimento mais utilizada nos edifícios escolares é o gasóleo, comparando o custo inerente do aquecimento das escolas através deste antes e depois das correções efetuadas é possível verificar-se um decréscimo de 78% no preço a pagar anualmente por esta fonte de energia (sem as intervenções propostas este valor era de 38632,50 euros e após estas o valor estimado passa a ser 8577,78 euros).

**Tabela 57 – Custos de fonte energética após a correção térmica**

Energia	Custo (€/kWh)	Necessidades de aquecimento	Preço (€/ano)
Eletricidade	0,135	12504,05	1688,05
Gás Natural	0,063		787,76
Gás propano	0,135		1688,05
Gás butano	0,131		1638,03
Gasóleo	0,686		8577,78

Estes valores obtidos tornam-se ainda mais relevantes olhando para os custos que as intervenções propostas implicam (Tabela 58).

**Tabela 58 – Custos da intervenção proposta**

Material	Unidade de medição	Custo	Preço (€)
Isolamento térmico tipo Wallmate CW 60mm	m <sup>2</sup>	7,655	3215,10
Pladur para paredes interiores	m <sup>2</sup>	11,000	3138,18
Tinta plástica para paredes interiores	m <sup>2</sup>	3,540	743,40
Envidraçados	un	625,250	3753,00
TOTAL SEM IVA			10849,70

É importante referir que no cálculo do isolamento térmico foi considerado o uso de duas placas de XPS uma vez que no cálculo efetuado anteriormente se tinha definido que a espessura deste material seria de 12 cm. Importa ainda salientar que os preços apresentados têm por base os valores consultados no site [www.orcamentos.eu](http://www.orcamentos.eu) (no caso dos materiais da envolvente opaca) e nos preços apresentados no site da Deleme (para o caso dos envidraçados). Deste modo, o custo da intervenção proposta é 10849,70 euros.

Outra análise importante a efetuar é o cálculo do NPV (Net Present Value). Esta fórmula financeira permite determinar o valor presente de pagamentos futuros a uma determinada taxa de juro, considerando ainda o valor do investimento realizado (Michel, 2001).

$$NPV = C_0 + \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{i=1}^n (1+t)^i} \quad (12)$$

t – taxa de juro

C<sub>0</sub> – investimento inicial

C<sub>i</sub> – custo anual

n - ano

Deste modo, considerando uma taxa de juro de 3% o NPV a dez anos dos gastos com o edifício escolar sem reabilitação é 329.543,10€.

Já o NPV a dez anos dos gastos com o edifício após a proposta de reabilitação, e tendo em consideração que o investimento inicial com a intervenção é 10849,70 €, assume o valor de 84.019,90 €.

Ou seja, no prazo de dez anos há uma poupança de 245.523,20 € com os custos energéticos associados ao aquecimento do edifício escolar. Ainda mais relevante é o facto

de ao fim de um ano já se ter recuperado o investimento inicial necessário para executar a proposta de intervenção.

Outro fator importante para um bom controlo dos custos energéticos do edifício escolar é a criação de um Manual de Boas Práticas. Este documento, dirigido a Professores e Auxiliares de Ação Educativa, tem como objetivo reunir um conjunto de medidas que permitam uma redução dos custos de utilização do edifício escolar. Assim, propõem-se as seguintes diretrizes:

- Desobstruir as caixas de ventilação natural existentes no edifício, de forma a garantir uma boa ventilação e renovação do ar respirado;
- Não deixar o aquecimento ligado fora do período de utilização do edifício;
- Ligar o sistema de aquecimento apenas 30 minutos antes da chegada, pela manhã, dos alunos à escola;
- Desligar o sistema de aquecimento 1 hora antes do fim das aulas;
- Utilizar termostatos para regular a temperatura durante o período de funcionamento do edifício;
- Durante a hora de almoço diminuir a temperatura de aquecimento definida nos termostatos para valores mínimos;
- Desligar o aquecimento quando as janelas estiverem abertas;
- No final de cada dia de aulas promover a abertura de janelas e portas de forma que possa haver uma renovação do ar interior;
- Durante os intervalos e a hora do almoço deixar as portas interiores (que dão acesso às salas de aula) abertas de forma a promover a renovação do ar interior;
- Deixar os Blackouts corridos durante a noite para evitar perdas de calor;
- Na estação de arrefecimento fechar parcialmente os Blackouts durante o período do dia em que o sol entra;
- Na estação de aquecimento assegurar que todos os vãos envidraçados proporcionem a entrada de luz solar;
- Colocar algumas plantas do tipo Palmeira Areca de forma a melhorar a qualidade do ar (este tipo de planta transforma o CO<sub>2</sub> em oxigénio durante o dia);
- Apagar as luzes sempre que alunos e Professor saem da sala de aula;

- Caso não existam sensores de ocupação, incentivar os alunos a apenas acenderem as luzes dos acessos às casas-de-banho e das próprias casas-de-banho apenas quando pretendam utilizar as instalações sanitárias e a desligarem as mesmas no final;
- Desligar os computadores no horário de almoço e no final do dia;
- Ligar impressoras e/ou fotocopiadores apenas quando haja necessidade de recorrer ao seu uso.

## 6. CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho pretendia-se analisar os custos dos gastos energéticos com aquecimento em escolas do 1º Ciclo do concelho de Gouveia de forma a ajustar estes aos curtos orçamentos da Autarquia e/ou Juntas de Freguesia.

Desta forma, foram feitas visitas de inspeção à rede de escolas do 1º Ciclo do concelho em estudo e posteriormente foi criado um “edifício-tipo” que retratasse as características dos edifícios escolares visitados e que permitisse efetuar o cálculo térmico. Este cálculo, realizado com base no RCCTE (2006), permitiu então definir as necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício, resultando este processo na perceção de que o edifício não cumpria os valores definidos pelo regulamento para a estação de aquecimento. Concluiu-se também que os custos inerentes às necessidades de aquecimento calculadas assumiam valores claramente elevados – 38.632,50 euros/ano. Desta forma, era de todo importante reduzir as necessidades de aquecimento dos edifícios, quer para estarem de acordo com o regulamentado, quer para possibilitarem uma redução dos custos energéticos das escolas e de forma a propiciar melhores condições de conforto aos ocupantes.

Deste modo, e recorrendo apenas ao reforço do isolamento térmico do edifício pelo interior e à substituição dos vãos envidraçados por outros mais eficazes, conseguiu-se reduzir as necessidades de aquecimento para 12.504,05 kWh/ano, o que equivale a um custo de 8.577,78 euros/ano. Tendo em conta que esta intervenção proposta tem um custo calculado de 10.849,70 euros, facilmente se percebe que ao final de um ano o investimento realizado se encontra pago com a poupança dos custos energéticos. Analisando o *Net Present Value* dos custos energéticos a dez anos, fica ainda mais visível a vantagem que este reforço térmico traz, uma vez que se traduz numa redução de custos de 245.523,20 euros no final deste período.

É também importante salientar que com esta redução das necessidades de aquecimento do edifício escolar, que se traduz numa diminuição de 78% das necessidades de aquecimento, vai-se ao encontro do estipulado pela Diretiva 2010/31/EU que ambiciona uma redução de pelo menos 20% no consumo de energia final em 2020 (quando comparado com o consumo em 1990).

Assim, e tendo em conta que através do reforço do isolamento térmico se consegue conjugar o binómio custo/benefício, é possível afirmar que é de todo o interesse incrementar estas intervenções em Escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico “Tipo Beira Alta (granito)” construídas aquando da elaboração do Plano dos Centenários.

Com as visitas de inspeção realizadas às escolas foi ainda perceptível a necessidade de elaborar um Manual de Boas Práticas que ajude Professores e Auxiliares de Ação Educativa a adotarem medidas que se traduzam também numa redução dos custos energéticos associados aos edifícios escolares.

Da mesma forma, e uma vez que as escolas em estudo se encontram sob a jurisdição das Juntas de Freguesia e da Câmara Municipal, sugere-se a implementação de um modelo de participação de ocorrências que agilize as intervenções de reparação e manutenção que os edifícios vão necessitando, assim como a criação da figura do Gestor de Manutenção responsável por coordenar todo este processo. De cinco em cinco anos as fachadas de pedra (granito) deverão ser limpas de forma adequada. Da mesma forma, os revestimentos interiores deverão ser inspecionados com a mesma periodicidade a fim de se verificar se são necessários trabalhos de reparação ou conservação. Deste modo salienta-se a importância de uma vigilância ativa no aparecimento de anomalias/patologias nos diferentes elementos que compõem o edifício escolar, para que seja possível uma rápida intervenção nestes elementos de forma a impedir a degradação de todo o edifício e a consequente diminuição dos níveis de conforto dos seus ocupantes.

Como trabalhos futuros, aconselha-se a realização de um estudo de viabilidade económica para a introdução de energias renováveis (painéis solares ou fotovoltaicos) nos edifícios escolares de forma a diminuir, a longo prazo, os custos energéticos.

## BIBLIOGRAFIA

Almeida, A.J. (2004). O papel dos Municípios na Educação em Portugal. *Revista Iberoamericana de Educación*. Disponível em: <http://www.rieoei.org/index.php>. Acedido em: 12 de Outubro de 2012.

Almeida, H. S. (2010). *Análise do Conforto Térmico de Edifícios Utilizando as Abordagens Analítica e Adaptativa*. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Lisboa.123pp.

Azzalin, M. et al (2005). *Standards and Tools for the Guarantee for the Reliability of the Intermediate Product in Building*. 10th International Conference on Durability of Building Material and Componentes (DBMC), 17-20 Abril. Lyon.

Branco, F. et al (2012). Patologia de Inspeção de Construções em Alvenaria Ordinária de Pedra. *Instituto Superior Técnico*. Disponível em: <http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/ad/05%20-%20Alvenaria%20de%20pedra-patologia%20e%20Inspec%C3%A7%C3%A3o%20-%20PB.pdf>. Acedido em: 12 de Outubro de 2012.

Carlos, J. M. DA S. (2005). *Escolas do Ensino Básico “Tipificadas” (Plano dos Centenários) – Avaliação do seu desempenho térmico e propostas de intervenção*, Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil - Universidade de Coimbra, Coimbra. 150pp.

Decreto-Lei nº 07/2003, de 15 de Janeiro. *Diário da República nº12/2003 – I Série-A*. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. Lisboa.

Decreto-Lei nº 115-A/98, de 4 de Maio. *Diário da República nº102/98 – I Série-A*. Ministério da Educação. Lisboa.

Decreto-Lei nº 172/91, de 10 de Maio. *Diário da República nº107/91 – I Série-A*. Ministério da Educação. Lisboa.

Decreto-Lei nº 40/90, de 6 de Fevereiro - RCCTE. *Diário da República nº31 – I Série*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa.

Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de Abril - RCCTE. *Diário da República nº67 – I Série-A*. Conselho de Ministros. Lisboa.

Delors, J. et al (1996). *Educação: um tesouro a descobrir*. Edições ASA. Porto.

Despoina et al (2013). *Thermal comfort in naturally ventilated primary school classrooms*. *Building Research & Information*. 41:3. 301-316.

Direcção Geral de Administração Escolar (1992). Escolas para crianças dos 6 aos 10 anos: indicações para concepção e construção de instalações para o ensino básico 1º Ciclo. Ministério da Educação. Lisboa.

Directiva 2010/31/EU, de 19 de Maio. *Jornal Oficial da União Europeia L153*. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. Estrasburgo.

Ecococos (2011). *Climograma de Givoni*. Acedido a 22 de Maio de 2013, em <http://ecococos.blogspot.pt/2011/03/diagrama-de-givoni.html>.

EN 13779 (2007). Ventilation for non-residential buildings – performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. European Committee for standardization. Bruxelas.

Fernandes, A.S. (1992). *A centralização Burocrática do Ensino Secundário*, Tese de Doutoramento - Universidade do Minho, Braga.

Fichas de Rendimento (2013). Acedido a 31 de Maio de 2013, em [www.orcamentos.eu](http://www.orcamentos.eu).

Freitas, V.M.A.P. (1992). *Transferência de humidade em paredes de edifícios*. Dissertação para efeitos de prestação de provas de Doutoramento em Engenharia Civil. Universidade do Porto. Porto. 200pp.

Garrido, M.A.J. (2010). *Previsão da vida útil de pinturas de fachadas de edifícios antigos*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Lisboa. 82pp.

Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2013). *Gráficos de observação*. Acedido em 15 de Abril de 2013, em [www.ipma.pt](http://www.ipma.pt).

ITE 50 (2006). Coeficientes de Transmissão Térmica de elementos da envolvente dos edifícios. LNEC. Lisboa

Jorne, F.J.F. (2010). *Análise do comportamento higrotérmico de soluções construtivas de paredes em regime variável*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. 128pp.

Lei nº 1/79, de 2 de Janeiro, *Diário da República nº1/79 – I Série*. Assembleia da República, Lisboa.

Lei nº 159/99, de 14 de Setembro. *Diário da República nº215/99 – I Série-A*. Assembleia da República. Lisboa.



Lei nº 169/99, de 18 de Setembro. *Diário da República nº219/99 – I Série-A*. Assembleia da República. Lisboa.

Lei nº 41/2003, de 22 de Agosto. *Diário da República nº193 – I Série-A*. Assembleia da República. Lisboa.

Lei nº 46/86, de 14 de Outubro, *Diário da República nº237/86 – I Série*. Assembleia da República, Lisboa.

LNEC (2007). *Método de avaliação do estado de conservação de imóveis – instruções de aplicação*. Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações. Lisboa. 83pp.

Marques, B.R.A.P. (2012). Caracterização de anomalias em edifícios escolares portugueses de tipologia Liceu – Métodos analíticos de estudo de anomalias construtivas. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Construção e Reabilitação. Instituto Superior Técnico. Lisboa. 138pp.

Manual de Projecto de Arquitectura (2009). *Manual de Projeto: Arquitectura versão 2.1*. Programa de Modernização das Escolas do Ensino Secundário, Parque Escolar EPE. Lisboa.

Manual de Projecto de Instalações Técnicas (2009). *Manual de Projeto: Instalações Técnicas*. Programa de Modernização das Escolas do Ensino Secundário, Parque Escolar EPE. Lisboa.

Michel, R. G. (2001). *Net Present Value Analysis: A Primer for Finance Officers*. Government Finance Review. GFOA. 31pp.

Ministério da Habitação e Obras Públicas - Direcção Geral das Construções Escolares (1977). *Normas sobre Construções Escolares: Edifícios e Terrenos para Escolas Primárias*. Centro de Documentação e Informação. Lisboa.

Monteiro, V. (2009). *A QAI segundo a EN 13779*. Ventilnorte. Porto

NP 1037-1 (2002). Ventilação e evacuação dos produtos de combustão dos locais com aparelhos a gás – Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação Natural. Instituto Português da Qualidade. Lisboa.

Pereira, C.I.F. (2012). Caracterização construtiva e do estado de degradação das escolas do ensino secundário. Caso de estudo: escolas industriais e comerciais. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Construção e Reabilitação. Instituto Superior Técnico. Lisboa. 157pp.

Pereira, M.F.P. (2005). *Anomalias em paredes de alvenaria sem função estrutural*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade do Minho. Guimarães. 323pp.

Portaria nº 15760, de 9 de Março. *Documento 6287 – Legislação Nacional*. Ministério das Obras Públicas. Lisboa.

Rodrigues, M.F.S. (2008). *Estado de Conservação de Edifícios de Habitação a Custos Controlados. Índice de Avaliação e Metodologia para a sua Obtenção*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro. Aveiro.

Rodrigues, A.M. et al (2009). *Térmica de edifícios*. 1ª Edição. Edições Orion. Lisboa.

Rodrigues, F.A.G. (2007). *Conforto e Stress Térmico: uma avaliação em ambiente laboral*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Física Aplicada. Universidade de Aveiro. Aveiro. 187pp.

Rosário, M. L. A. (2009). *O contributo das Autarquias na Educação: um caso de estudo*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Gestão Pública – Universidade de Aveiro, Aveiro. 150pp.

Santamouris, M. et al (1998). *Natural Ventilation in buildings – A design handbook*. Altener Programme of the European Commission, Directorate General XVII, for energy. James and James. ISBN 1873936729.

Silva, J.M. (2002). *Alvenarias não estruturais – patologias e estratégias de reabilitação*. Seminário sobre paredes de alvenaria. Porto. 20pp.

Sozer, H. (2010). Improving energy efficiency through the design of the building envelope. *Building and Environment* 45. P2581-2593.

Teixeira, R.M.O. (2012). *Simulação da Qualidade do Ar Interior em ambiente escolar*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Universidade de Aveiro. 63pp.

Torres, I. (2012). *Humidades em paredes de edifícios*. DEC-FCTUC. Coimbra

Vicente, R. et al (2006). *Características das alvenarias dos edifícios da Baixa de Coimbra*. PATORREB. Porto.

**ANEXO A – RELATÓRIOS DE INSPEÇÃO ÀS ESCOLAS E  
INQUÉRITO DE CONFORTO**

## ÍNDICE

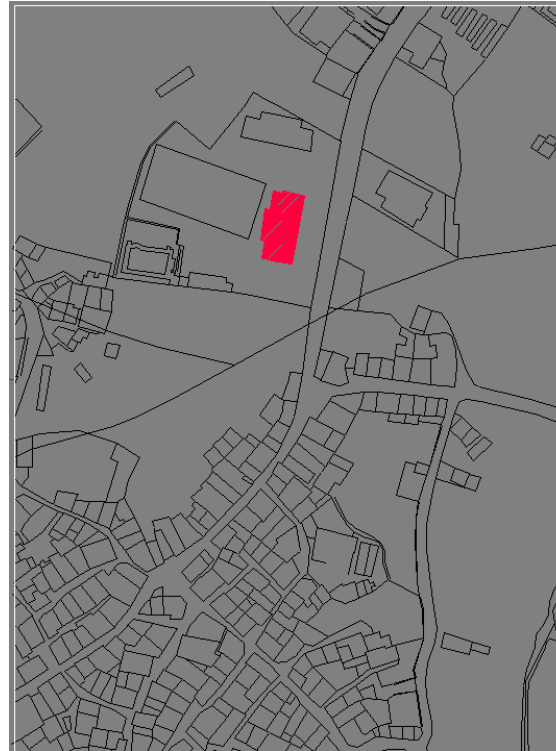
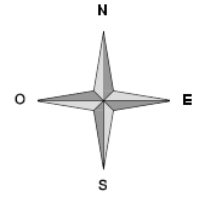
Relatório de Inspeção e Diagnóstico da Escola do 1º Ciclo de Arcozelo da Serra ----	99
Relatório de Inspeção e Diagnóstico da Escola do 1º Ciclo de Folgosinho -----	119
Relatório de Inspeção e Diagnóstico da Escola do 1º Ciclo de Lagarinhos -----	133
Relatório de Inspeção e Diagnóstico da Escola do 1º Ciclo de Melo -----	153
Relatório de Inspeção e Diagnóstico da Escola do 1º Ciclo de Moimenta da Serra---	172
Relatório de Inspeção e Diagnóstico da Escola do 1º Ciclo de Paços da Serra -----	190
Relatório de Inspeção e Diagnóstico da Escola do 1º Ciclo de S. Paio -----	209

***RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E  
DIAGNÓSTICO***



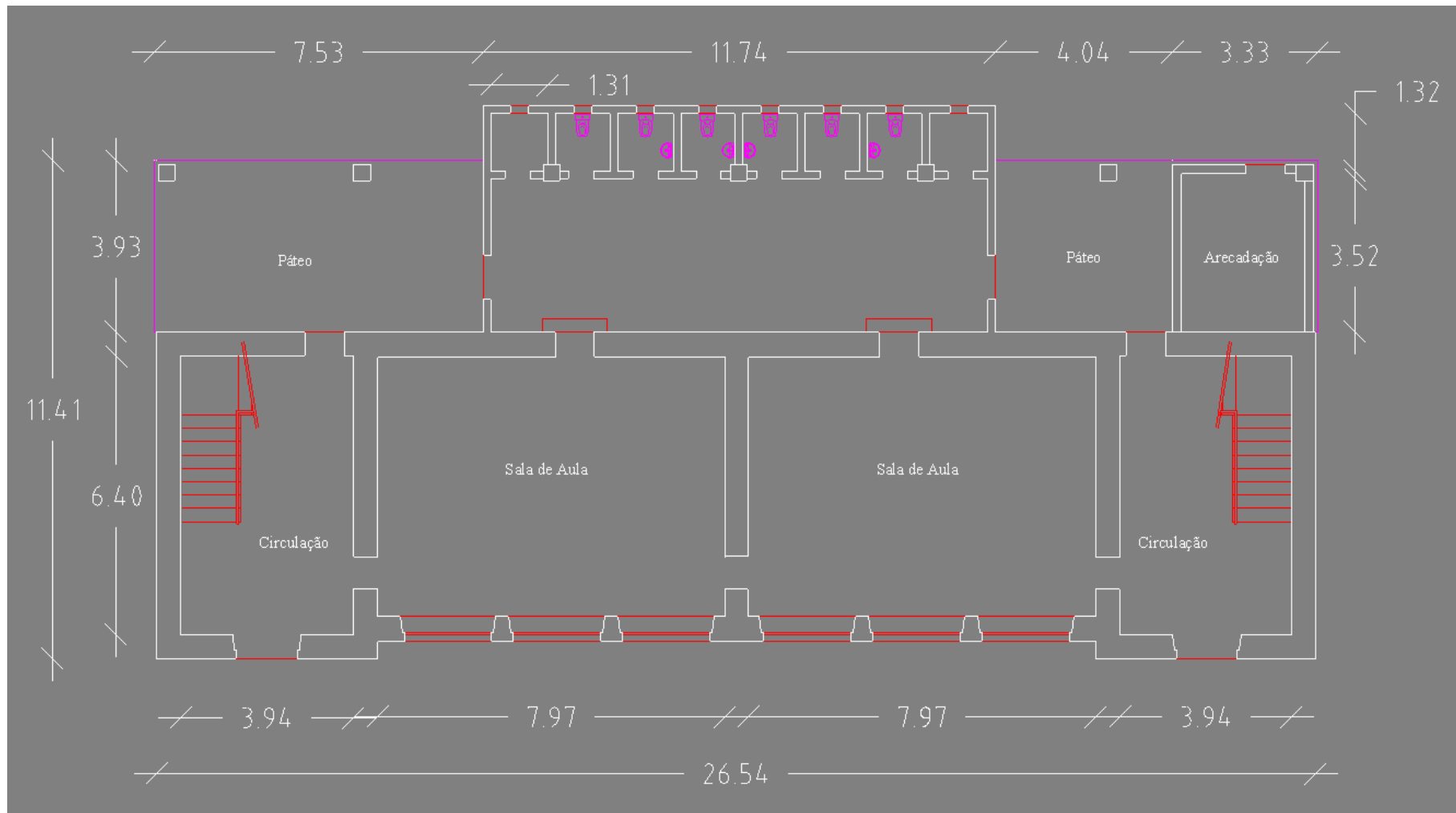
***ESCOLA DO 1º CICLO DE  
ARCOZELO DA SERRA***

*PLANTAS*

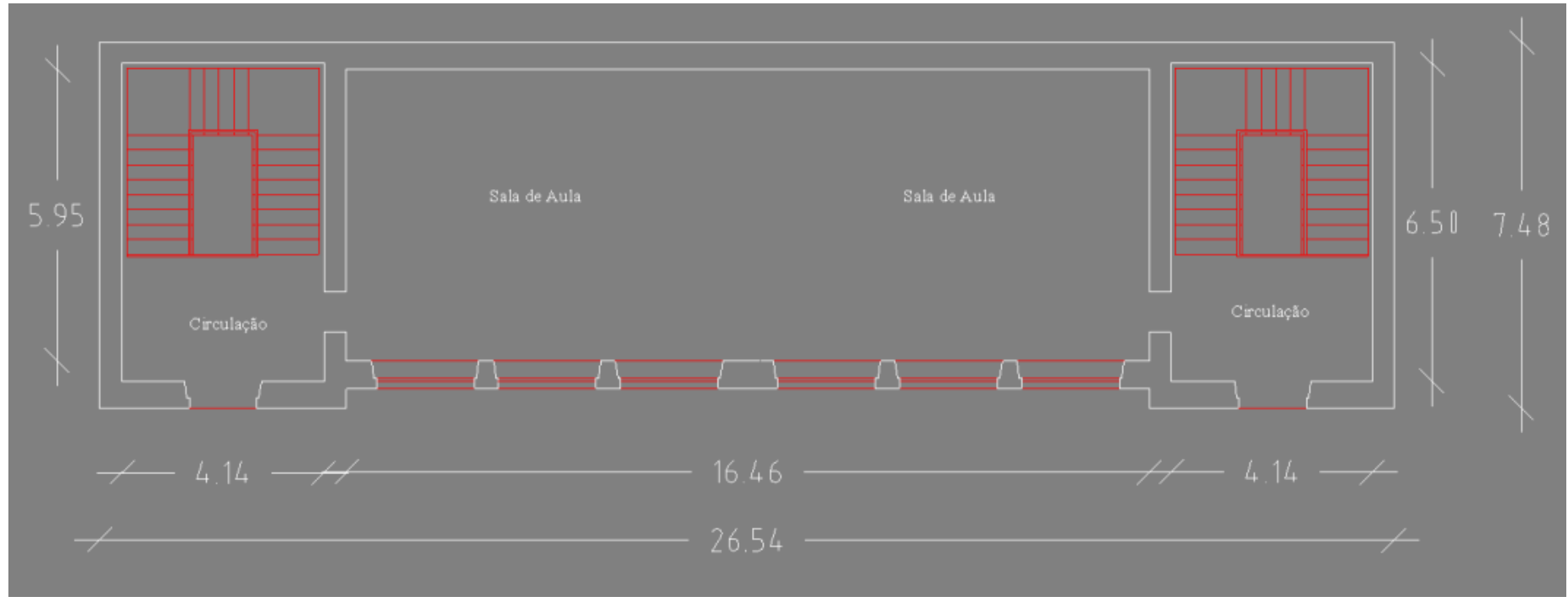


Planta de localização

101

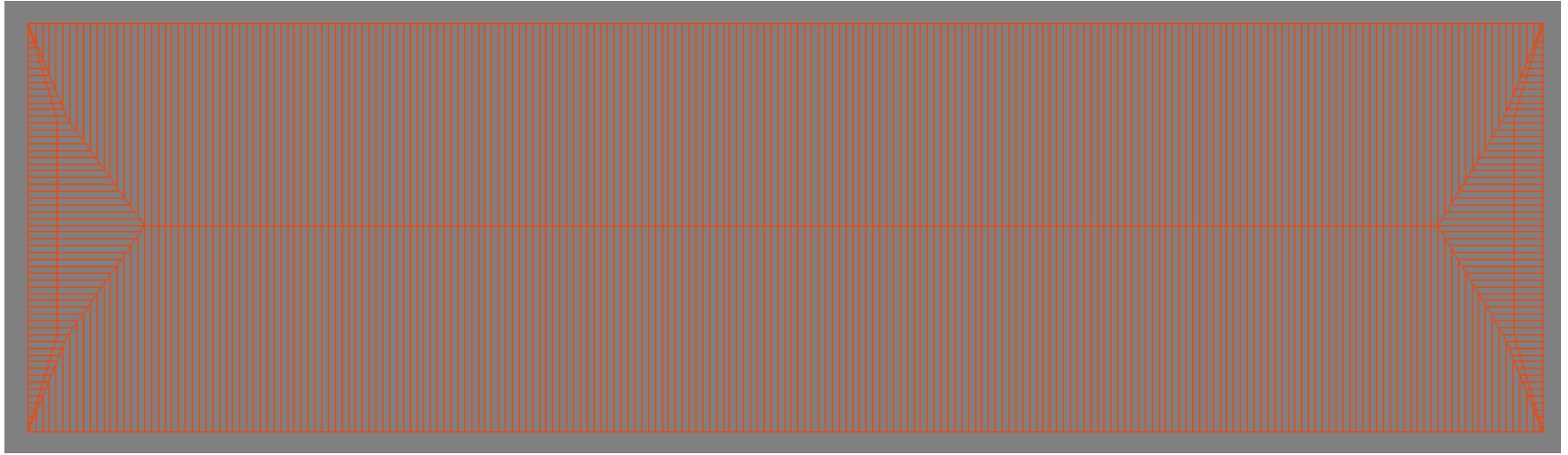


Rés-do-chão



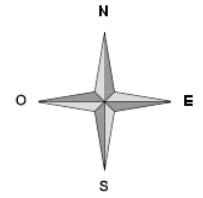
1º Andar



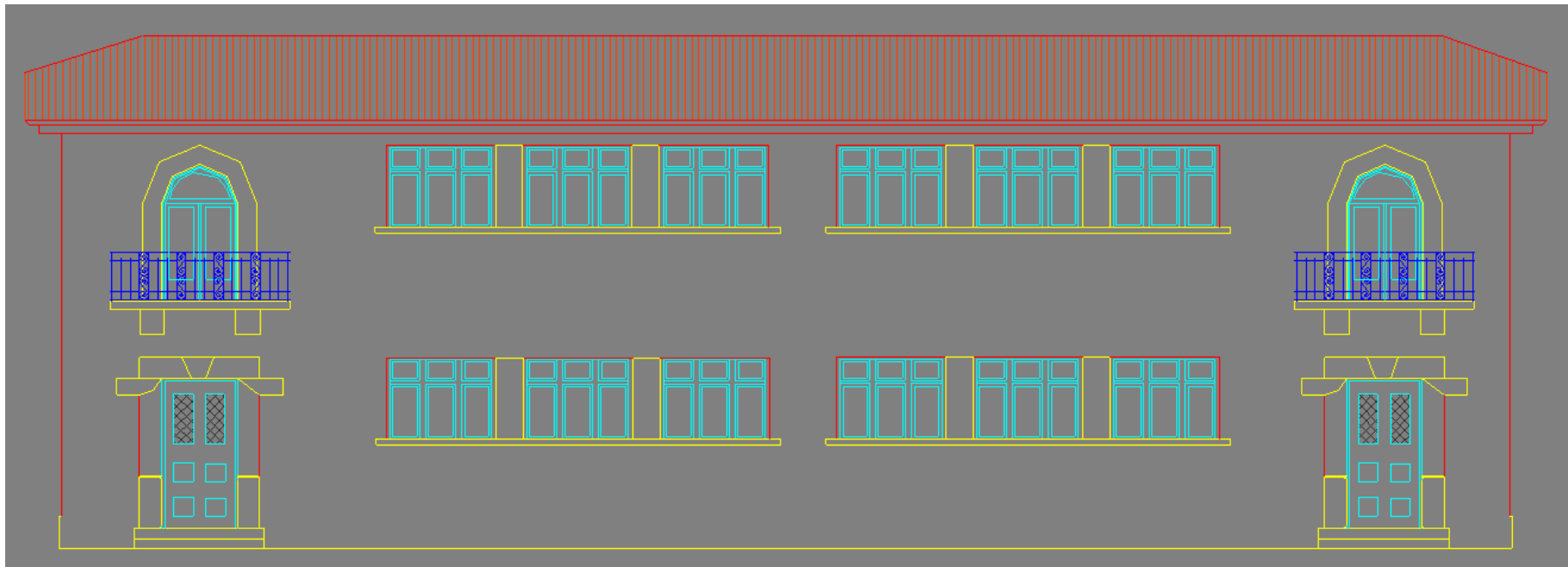


Planta da cobertura

*ALÇADOS*

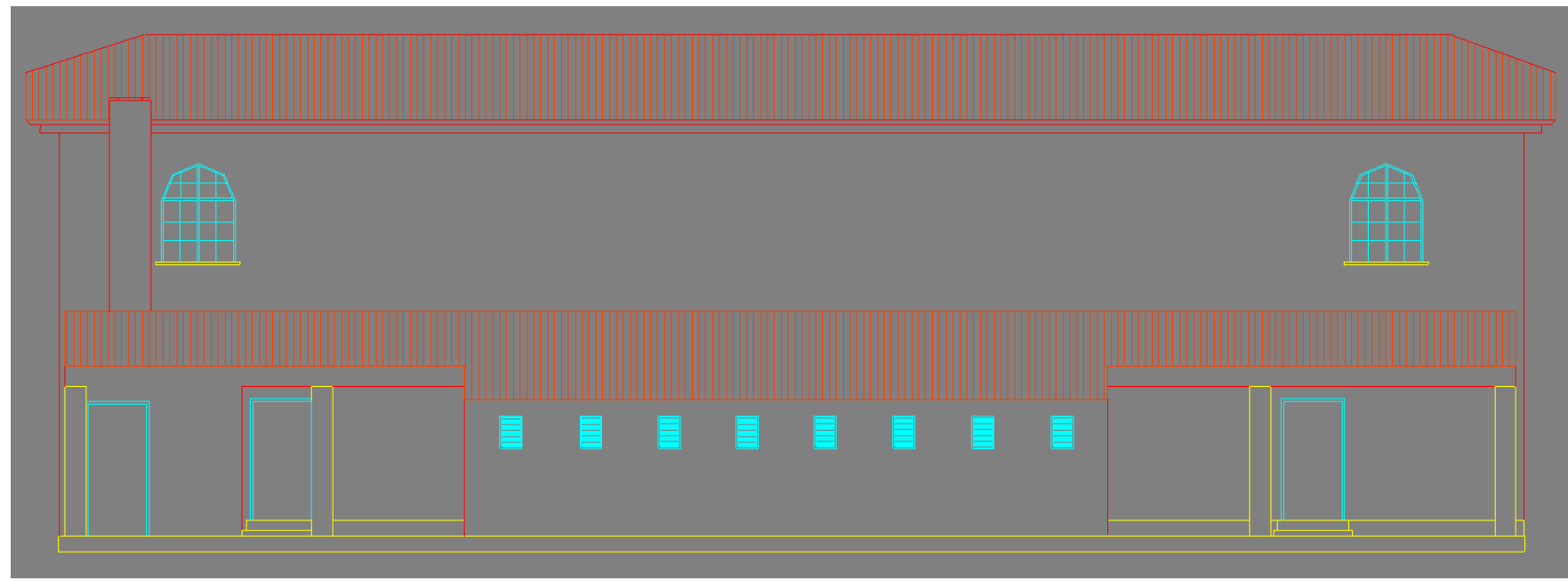
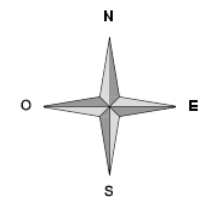


104

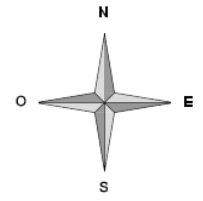
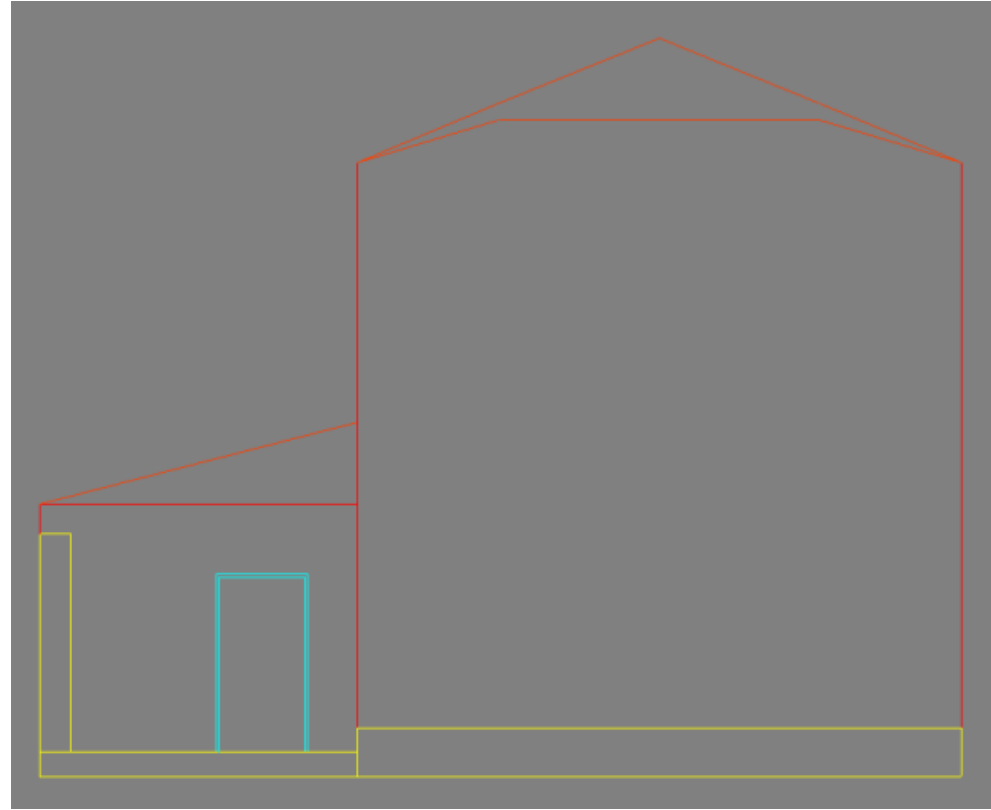


Alçado Este

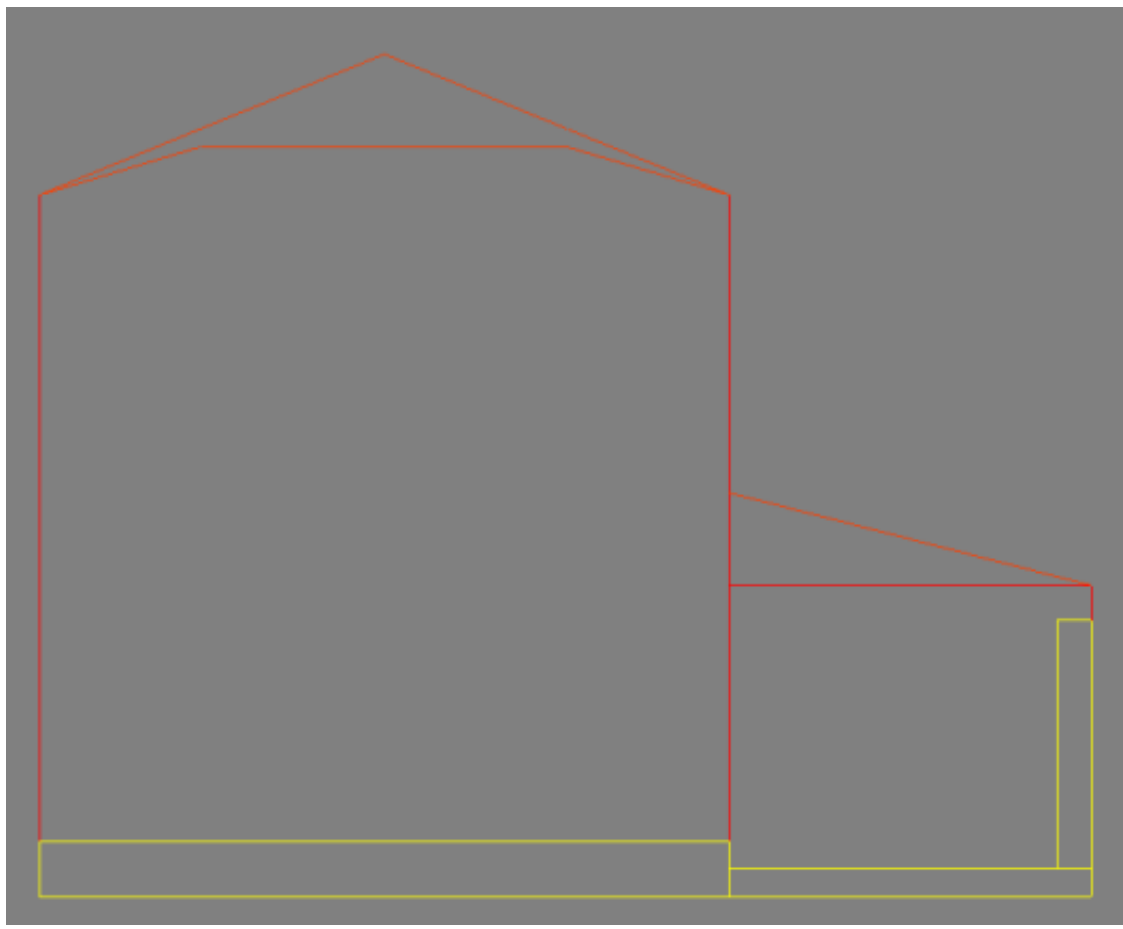
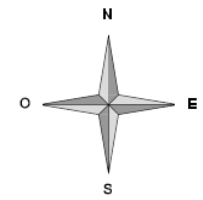
105



Alçado Oeste



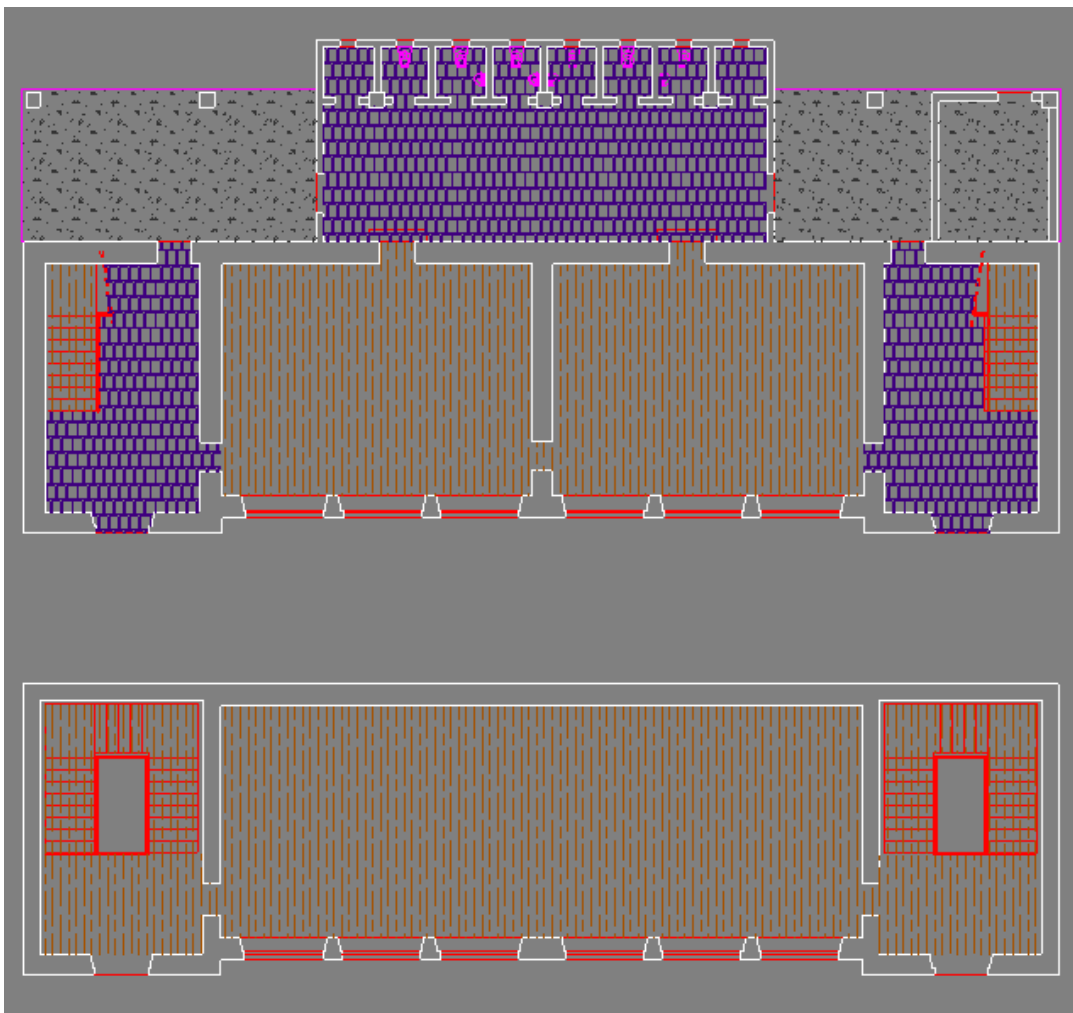
Alçado Sul



Alçado Norte

# CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE REVESTIMENTO DOS PAVIMENTOS

108



Piso flutuante de madeira



Mosaico "tipo 2"



Betonilha

## LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS/ANOMALIAS

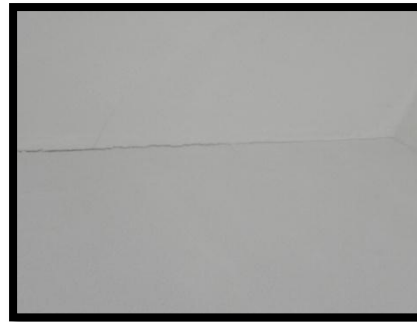
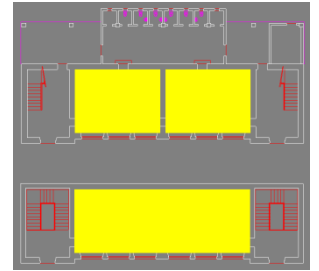
1 – Fissuração

2 – Fissuração

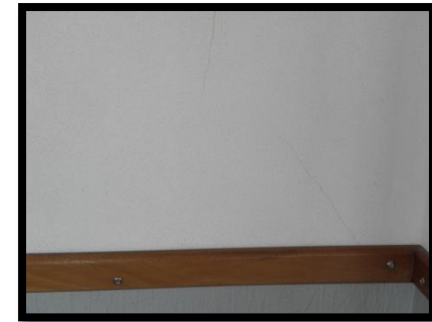
3 – Abrasão do pavimento

4 – Destacamento de tinta por humidades

5 - Humidades



1



2



3



4



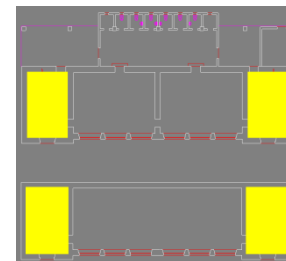
5

***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS/ANOMALIAS***

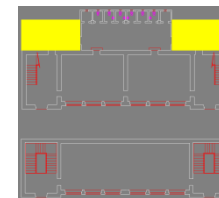
6 – Destacamento de tinta



6







## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

7 – Humidade ascensional

8 – Deficiente estanquidade das telhas

9 – Destacamento de tinta

111



7



8



9

**LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS**

10 - Humidades

11 - Fissuração

12 - Fissuração

13 - Fissuração



10



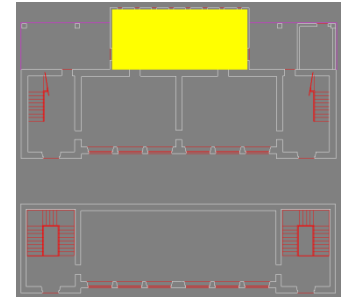
11



12



13

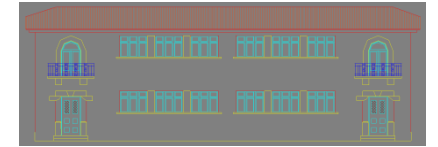


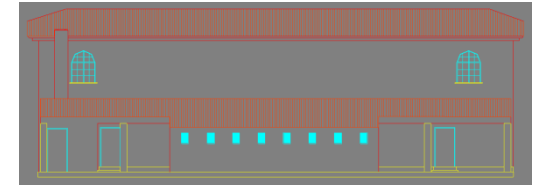
## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS/ANOMALIAS***

14 – Portas exteriores em mau estado de conservação



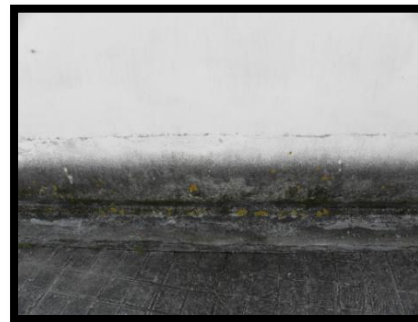
14





***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

15 – Humidade ascensional/colonização biológica



15

1. Tipo de aquecimento utilizado:
  - 1.1. Utilização de aquecedores elétricos? Sim
    - 1.1.1. Se sim, com que potência? 15 volts (3 aquecedores nos hall + 1 por sala)
  - 1.2. Caldeira:
    - 1.2.1. Horário de funcionamento: 8.30h – 17.30h (total de 9,5 horas)
    - 1.2.2. Funciona a: lenha
2. Envidraçados:
  - 2.1. Tipo: Duplos com caixilharia em alumínio
  - 2.2. Estado de conservação: Bom
  - 2.3. Normalmente abertos? Sim (no final do dia)
3. Estores:
  - 3.1. Estado de conservação: Razoável
  - 3.2. Muito ou pouco afastados? Pouco
4. Portas:
  - 4.1. Exteriores:
    - 4.1.1. Tipo: Madeira/vidro simples
    - 4.1.2. Estado de Conservação: Razoável
    - 4.1.3. Normalmente abertas? Não
  - 4.2. Interiores:
    - 4.2.1. Tipo: Madeira
    - 4.2.2. Estado de Conservação: Razoável
    - 4.2.3. Normalmente abertas? Não

# INQUÉRITO DE CONFORTO

	1 (Pobre)	2 (Medíocre)	3 (Insuficiente)	4 (Bom)	5 (Excelente)
Sente-se confortável no edifício escolar, quando tem que passar longos períodos de tempo?				X	
Considera que o edifício tem boa acessibilidade a todas as divisões?				X	
Considera os acessos às casas-de-banho adequados?				X	
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) estão bem iluminadas?			X		
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) têm iluminação natural suficiente?			X		
As salas de aula estão bem iluminadas?				X	
As salas de aulas têm iluminação natural suficiente?			X		
As casas-de-banho estão bem iluminadas?			X		
As casas-de-banho têm iluminação natural suficiente?				X	
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante o Inverno?				X	
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante a Primavera?				X	
Como avalia a acústica das salas de aula?			X		
O ruído exterior influencia negativamente a aula?			X		
O ruído entre salas influencia negativamente a aula?			X		

As salas de aula têm muito eco?				X	
Sente necessidade de recorrer a sistemas de aquecimento térmico no Inverno?				X	
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Inverno?				X	
Sente necessidade de recorrer a sistemas de arrefecimento térmico na Primavera?		X			
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Inverno?				X	
Como avalia o estado dos estores?		X			
Considera suficientes e eficazes os estores existentes?		X			
Tendo em conta o número de alunos considera a área das salas de aula suficiente?				X	
Tendo em conta o número total de utilizadores do edifício escolar considera as áreas dos espaços comuns suficientes?				X	
Considera suficientes os espaços sociais abrigados dos agentes atmosféricos existentes?			X		
Considera que o ambiente interno promove a sensação de bem-estar e de motivação aos estudantes, pessoal docente e não docente?				X	
Considera que as entradas do edifício escolar são acolhedoras, bem localizadas e permitem a vigilância passiva?				X	
Considera que existem condições para segurança passiva por toda a escola?				X	
O edifício escolar funciona satisfatoriamente na sua lotação máxima?				X	
Considera agradável trabalhar, comer, aprender, brincar, ensinar e socializar na escola?				X	

Características do aquecimento:

1. Aquecedores:

1.1. De 800W

Ao final do dia:  $800 \times 8 = 1600 \text{ Wh} = 1,6 \text{ kWh}$

2. Caldeira

2.1. ROCA

2.2. Consumo: 0,7 : 2,5 kg/h

2.3. Classe F

2.4. PC - 1035

Cálculo de consumo mínimo de lenha:

Como a caldeira é usada durante 9,5h/dia, então diariamente são gastos 7kg de lenha.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 140kg.

Deste modo, tendo por base um preço de 0,15euros/kg obtem-se uma fatura mensal de 21 euros.

Cálculo de consumo máximo de lenha:

Como a caldeira é usada durante 9,5h/dia, então diariamente são gastos 24kg de lenha.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 480kg.

Deste modo, tendo por base um preço de 0,15euros/kg obtem-se uma fatura mensal de 72 euros.

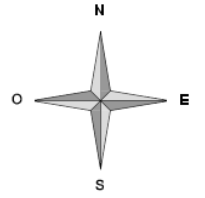


# ***RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO***

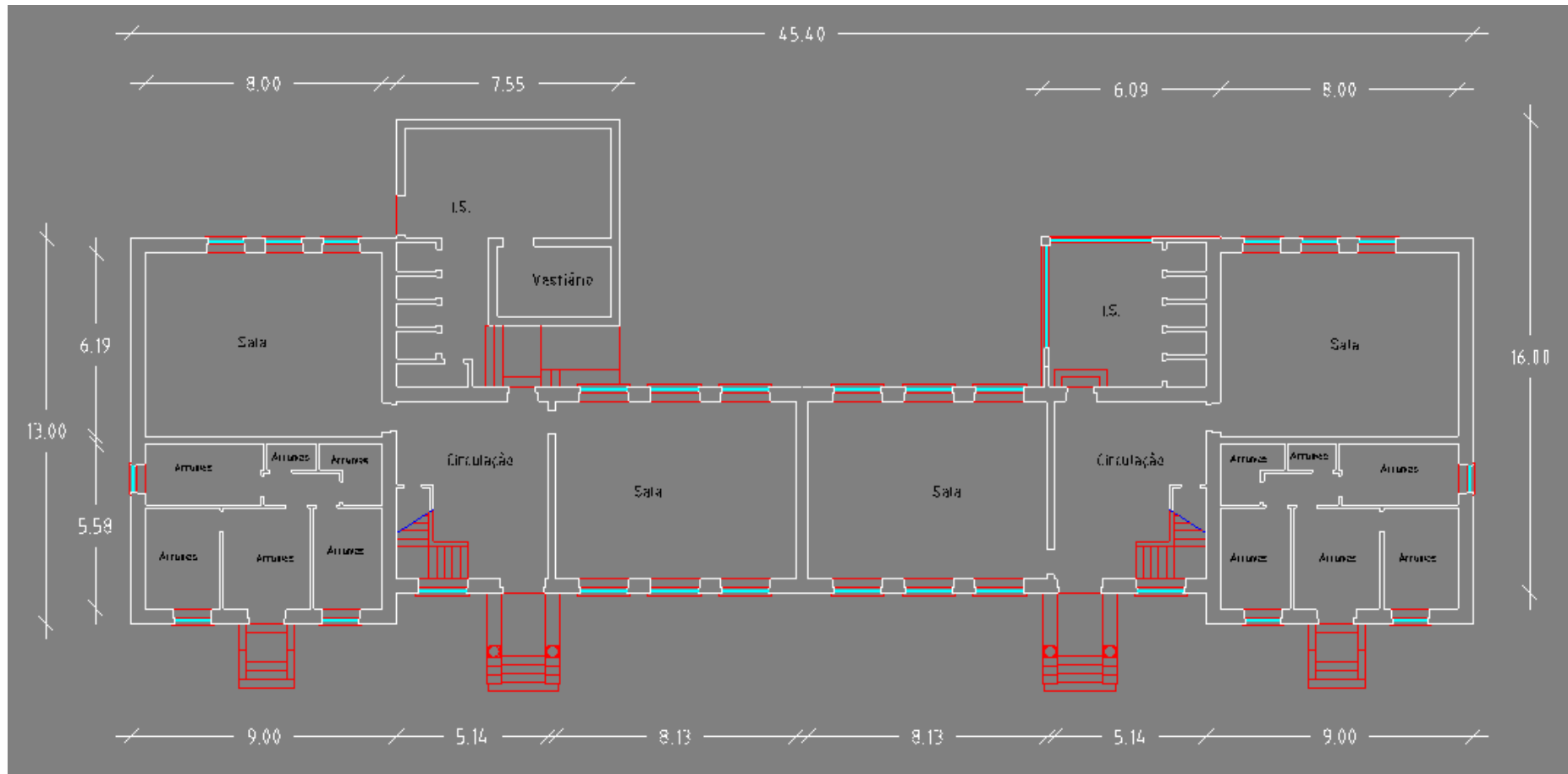


## ***ESCOLA DO 1º CICLO DE FOLGOSINHO***

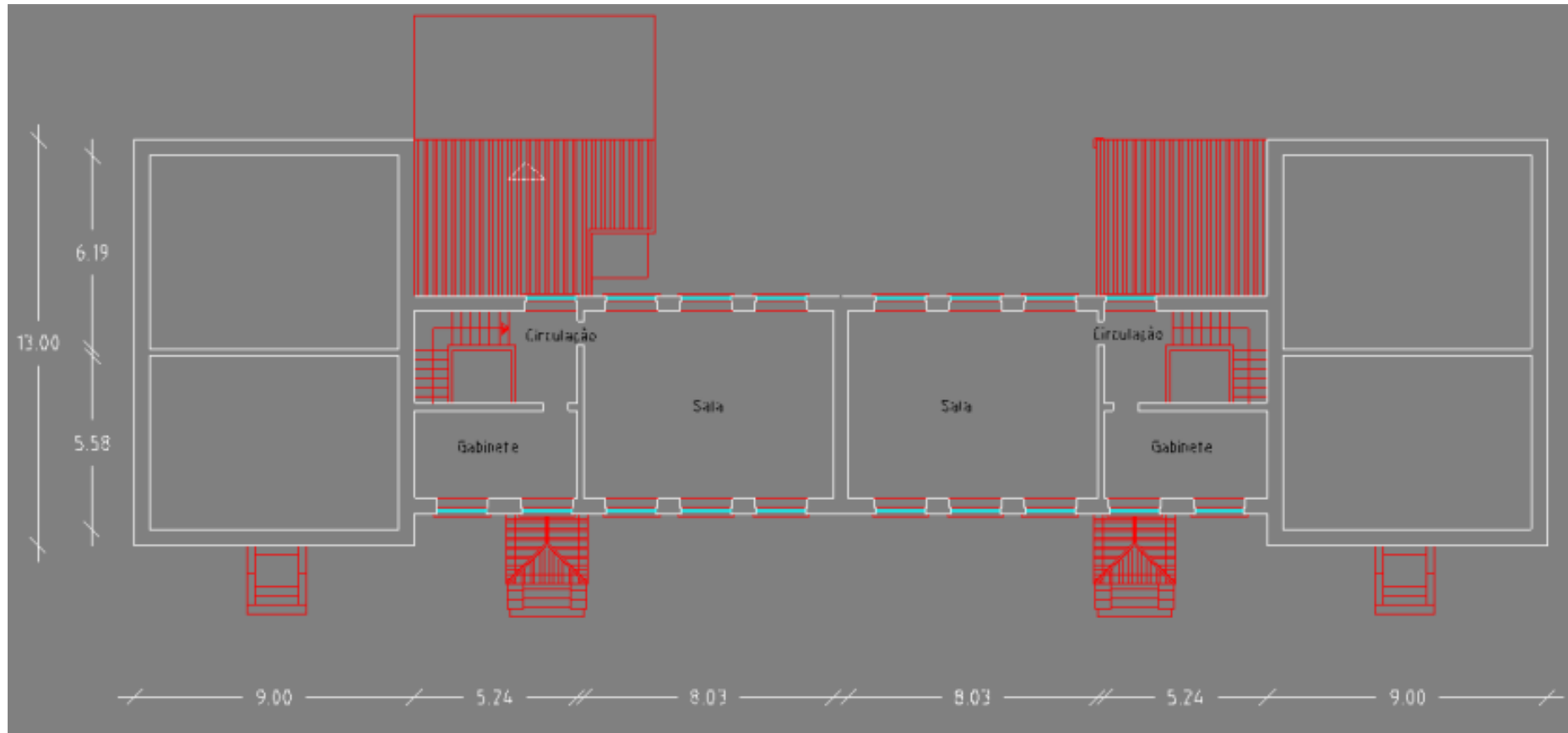
*PLANTAS*



Planta de localização



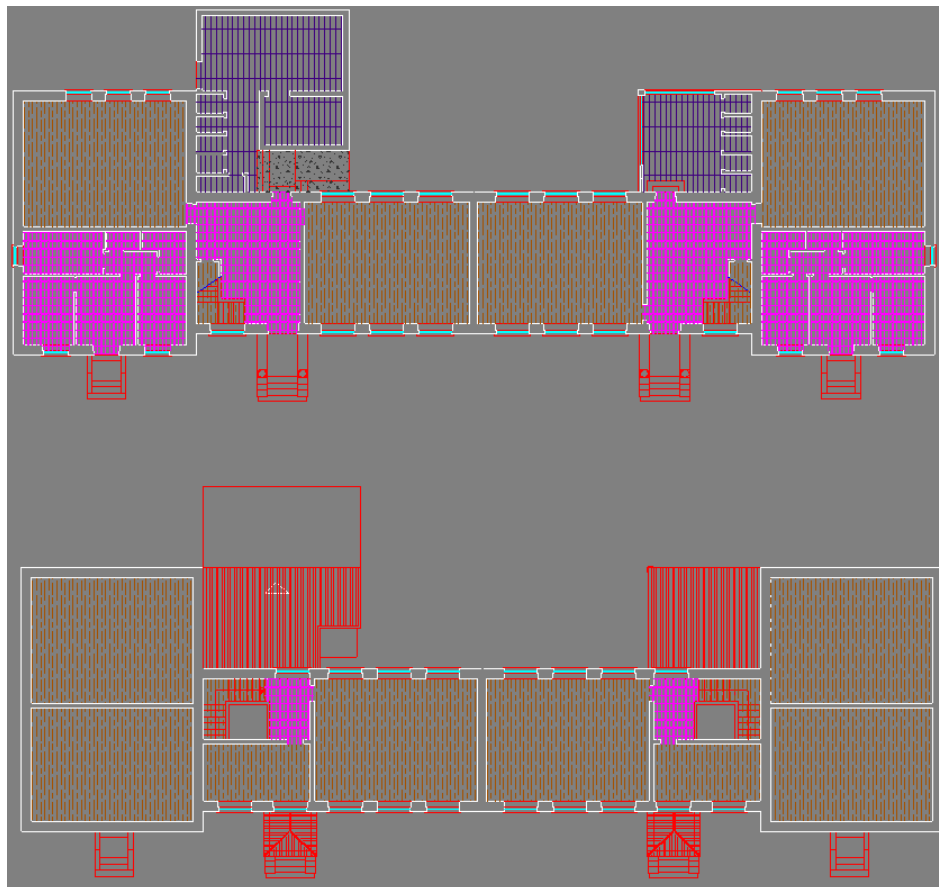
Rés-do-chão



1º Andar

## CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE REVESTIMENTO DOS PAVIMENTOS

123



Piso Flutuante



Mosaico "tipo 1"

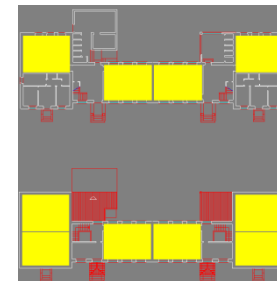


Mosaico "tipo 2"



Betonilha

## LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS



1 – Destacamento de tinta      4 - Infiltrações

2 – Infiltrações                  5 - Humidades

3 – Infiltrações                  6 - Fissuração



124

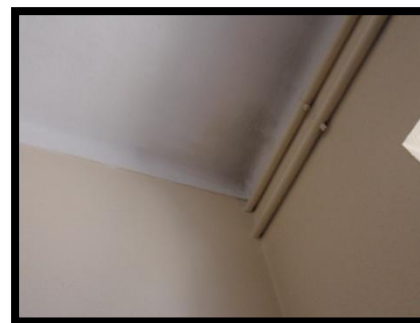


3



4

1



5

2



6

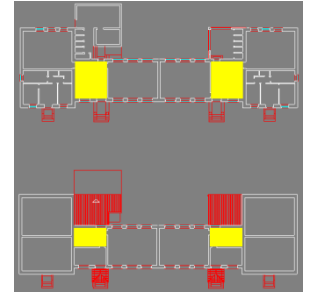
## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

7 – Humidades devido a pontes térmicas

8 – Infiltração

9 – Destacamento de tinta

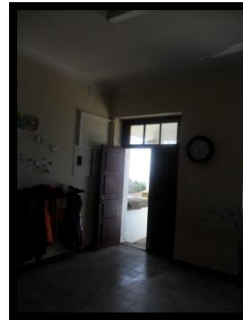
10 – Infiltrações



7



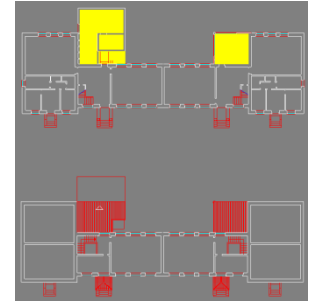
8



***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

11 – Humidades

12 – Fissuração

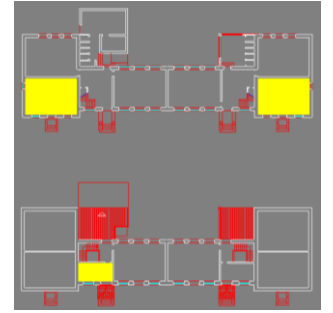


11



12





**LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS**

13 – Humidades

14 - Fissuração



13



14

5. Tipo de aquecimento utilizado:

5.1. Utilização de aquecedores elétricos? Sim (1 por sala)

5.1.1. Se sim, com que potência? 15 volts

5.2. Caldeira:

5.2.1. Horário de funcionamento: 8.30h – 15.30h (total de 7 horas)

5.2.2. Funciona a: gásóleo

6. Envidraçados:

6.1. Tipo: Duplos com caixilharia em alumínio

6.2. Estado de conservação: Bom

6.3. Normalmente abertos? Não

7. Estores:

7.1. Estado de conservação: Razoável

7.2. Muito ou pouco afastados? Pouco

8. Portas:

8.1. Exteriores:

8.1.1. Tipo: madeira com vidros simples

8.1.2. Estado de Conservação: Razoável

8.1.3. Normalmente abertas? Sim

8.2. Interiores:

8.2.1. Tipo: Madeira

8.2.2. Estado de Conservação: Bom

8.2.3. Normalmente abertas? Sim

# INQUÉRITO DE CONFORTO

	1 (Pobre)	2 (Medíocre)	3 (Insuficiente)	4 (Bom)	5 (Excelente)
Sente-se confortável no edifício escolar, quando tem que passar longos períodos de tempo?					X
Considera que o edifício tem boa acessibilidade a todas as divisões?			X		
Considera os acessos às casas-de-banho adequados?					X
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) estão bem iluminadas?					X
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) têm iluminação natural suficiente?					X
As salas de aula estão bem iluminadas?					X
As salas de aulas têm iluminação natural suficiente?					X
As casas-de-banho estão bem iluminadas?				X	
As casas-de-banho têm iluminação natural suficiente?	X				
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante o Inverno?			X		
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante a Primavera?				X	
Como avalia a acústica das salas de aula?					X
O ruído exterior influencia negativamente a aula?					X
O ruído entre salas influencia negativamente a aula?				X	

As salas de aula têm muito eco?				X	
Sente necessidade de recorrer a sistemas de aquecimento térmico no Inverno?					X
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Inverno?					X
Sente necessidade de recorrer a sistemas de arrefecimento térmico na Primavera?					X
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Inverno?					X
Como avalia o estado dos estores?				X	
Considera suficientes e eficazes os estores existentes?					X
Tendo em conta o número de alunos considera a área das salas de aula suficiente?					X
Tendo em conta o número total de utilizadores do edifício escolar considera as áreas dos espaços comuns suficientes?					X
Considera suficientes os espaços sociais abrigados dos agentes atmosféricos existentes?					X
Considera que o ambiente interno promove a sensação de bem-estar e de motivação aos estudantes, pessoal docente e não docente?					X
Considera que as entradas do edifício escolar são acolhedoras, bem localizadas e permitem a vigilância passiva?			X		
Considera que existem condições para segurança passiva por toda a escola?				X	
O edifício escolar funciona satisfatoriamente na sua lotação máxima?					X
Considera agradável trabalhar, comer, aprender, brincar, ensinar e socializar na escola?					X

Características do aquecimento:

3. Termoventiladores:

3.1. 230V – 50Hz 2000W

3.2. S&P Tipo: TLS-403T

4. Caldeira

4.1. ROCA

4.2. Gasto: 4 : 10kg/h

4.3. Potência: 47:119 kW

4.4. Viscosidade máxima: 5,5 CGT 37,8°C

4.5. Consumo: 0,18 kW

4.6. Pressão: 1:0,1 mbar

4.7. Tensão: 230V

4.8. CRONO 10-L

4.9. Dimensão: 255x280x282mm

4.10. Pe: 9kg

Pela Portaria nº 464/03 de 6 de Junho: 1000l = 835 kg

Cálculo de consumo mínimo de gasóleo:

Então, 4kg/h = 4,79l/h = 5l/h

Como a caldeira é usada durante 7h/dia, então diariamente são gastos 35l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 700l.

Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 910 euros.

Cálculo de consumo máximo de gasóleo:

Então,  $10\text{kg/h} = 11,98\text{l/h} = 12\text{l/h}$

Como a caldeira é usada durante 7h/dia, então diariamente são gastos 84l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 1680l.

Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 2184 euros.

Nº de termoventiladores utilizados: 6

Potência dos termoventiladores: 2000W

Total de energia gasta:  $6 \times 2000 = 12000 \text{ W}$

Total de energia gasta ao final de um dia =  $12000 \times 8\text{h} = 96000 \text{ Wh} = 96 \text{ kWh}$

Operadora: (exemplo) EDP Casa

Potência contratada: 6,9 kVA

Potência euros/dia: 0,3510

Energia euros/kWh: 0,1405

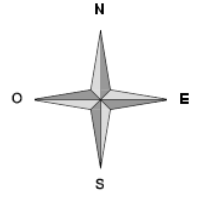
Deste modo obtem-se uma fatura de:  $0,1405 \times 96 = 13,49$  euros (faltando adicionar as tarifas fixas)

***RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E  
DIAGNÓSTICO***



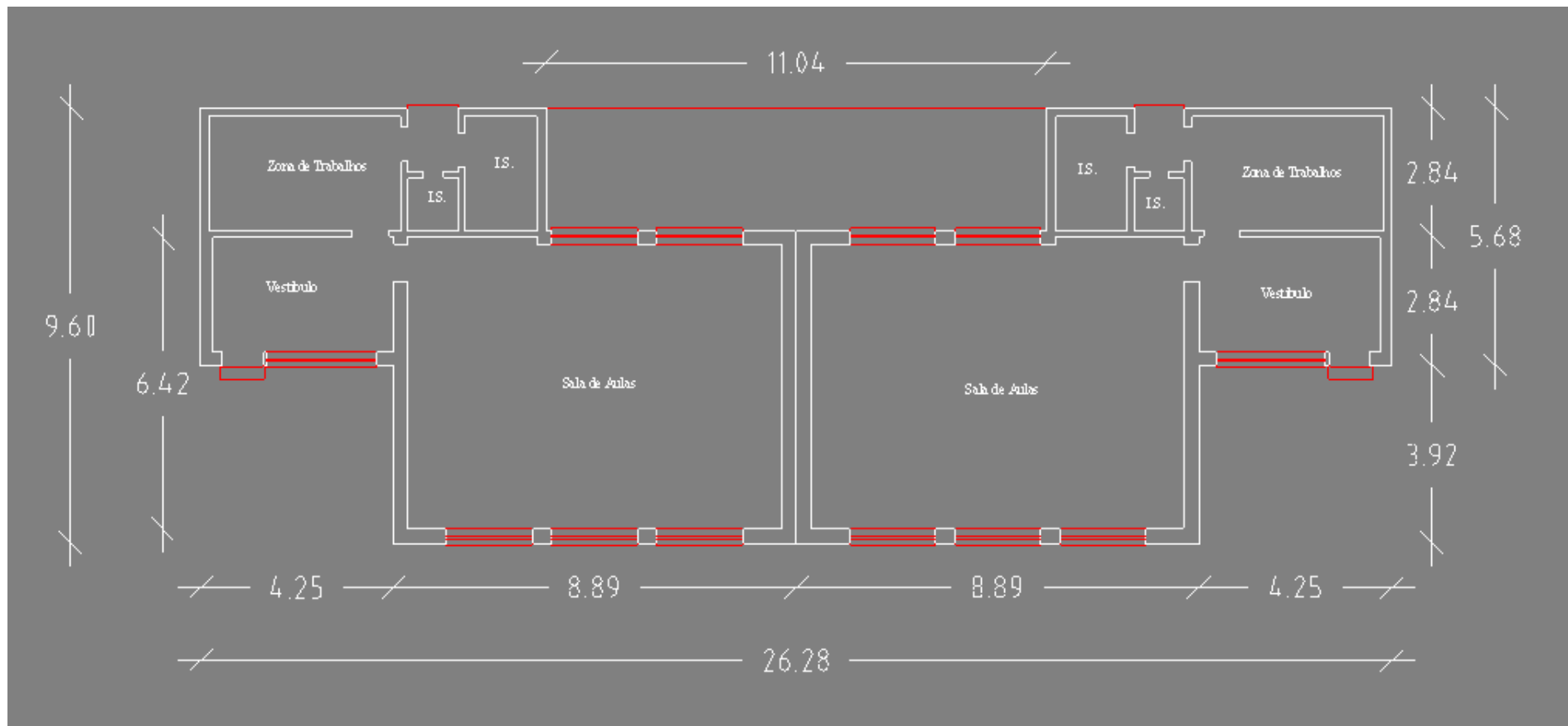
***ESCOLA DO 1º CICLO DE  
LAGARINHOS***

*PLANTAS*

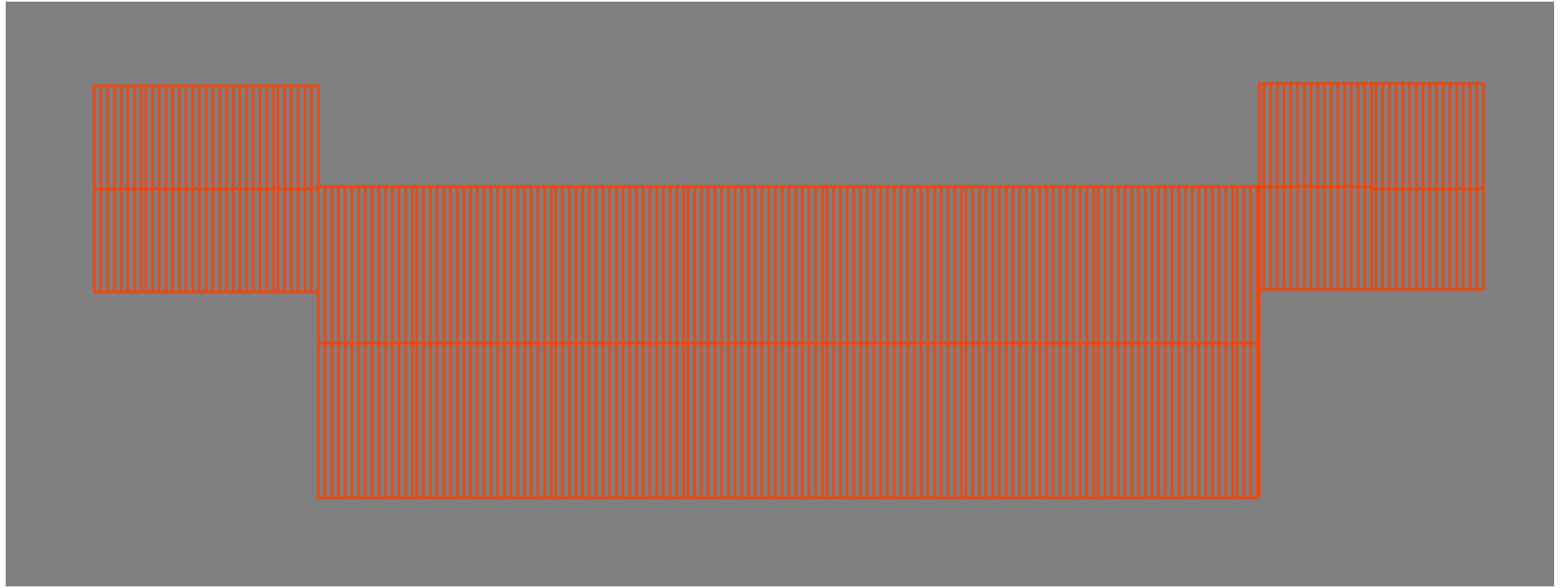


Planta de localização



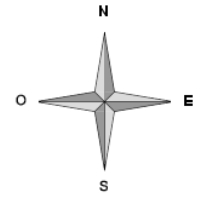


Rés-do-chão

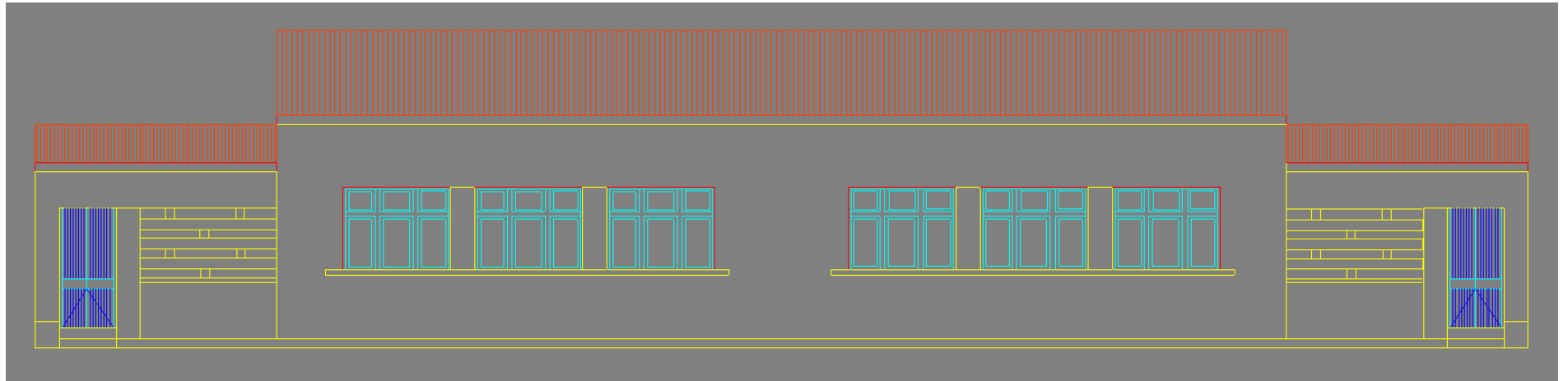


Planta da cobertura

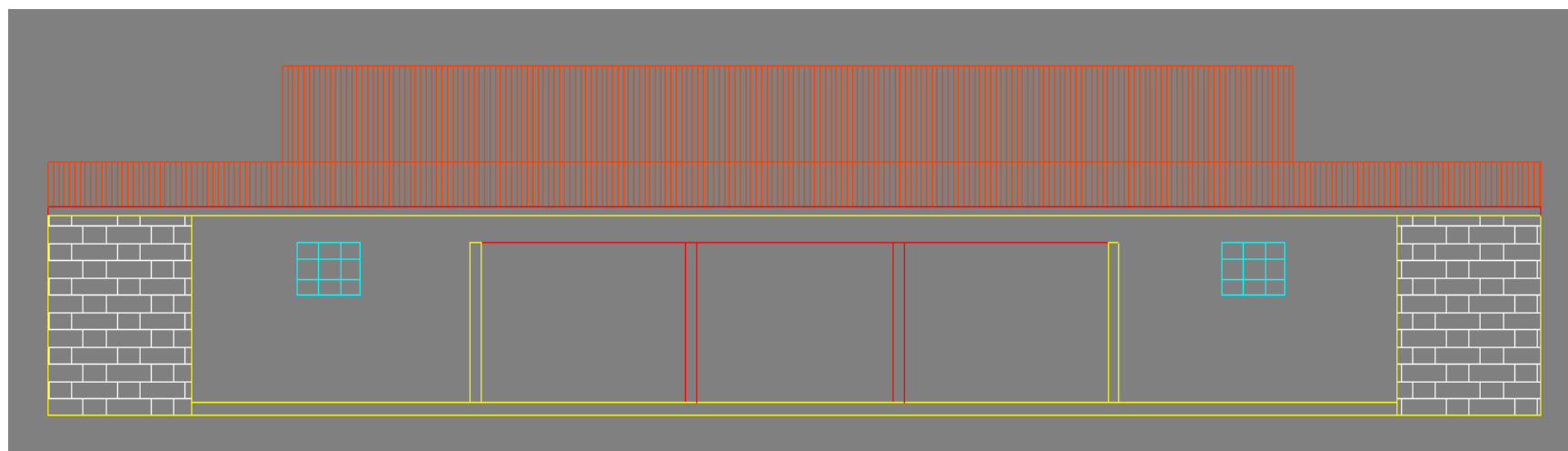
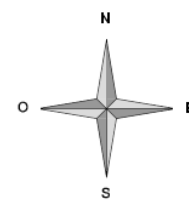
*ALÇADOS*



137

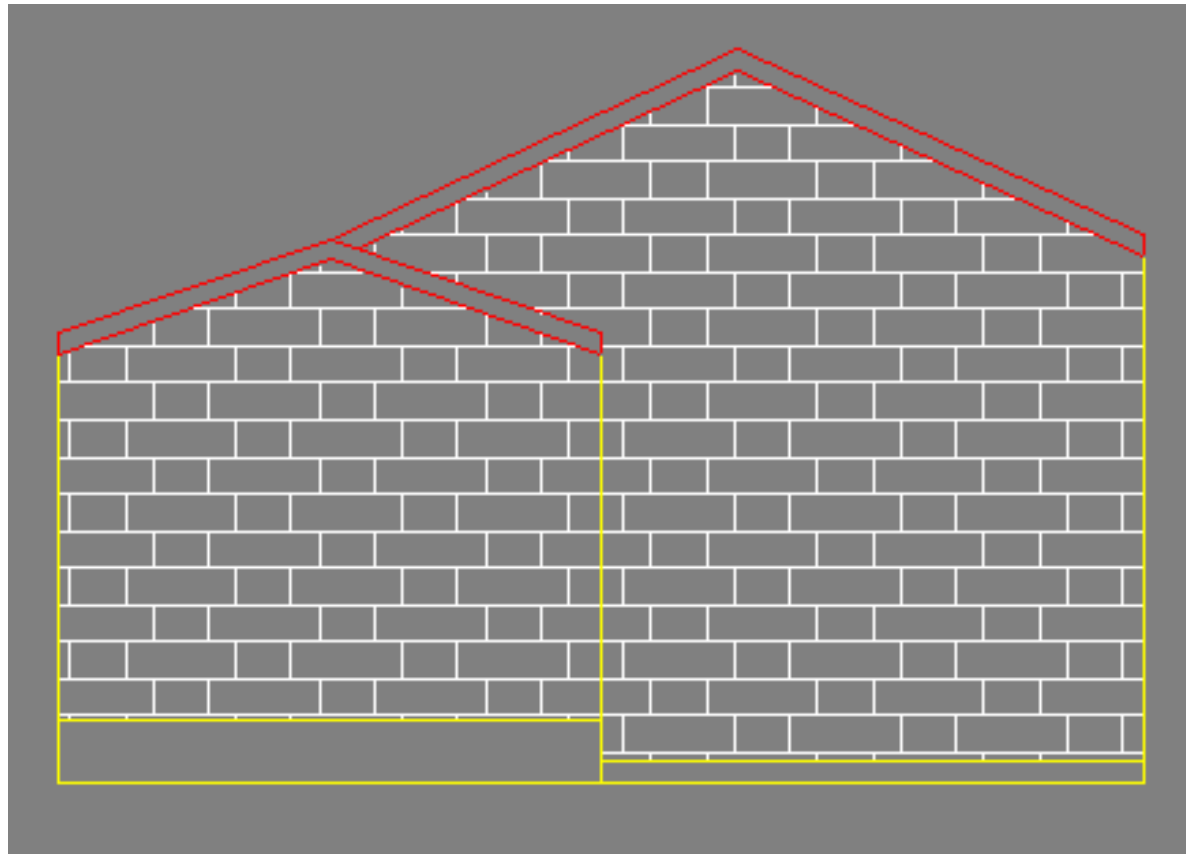
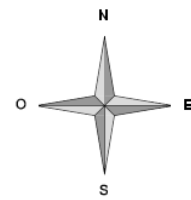


Alçado Sudeste

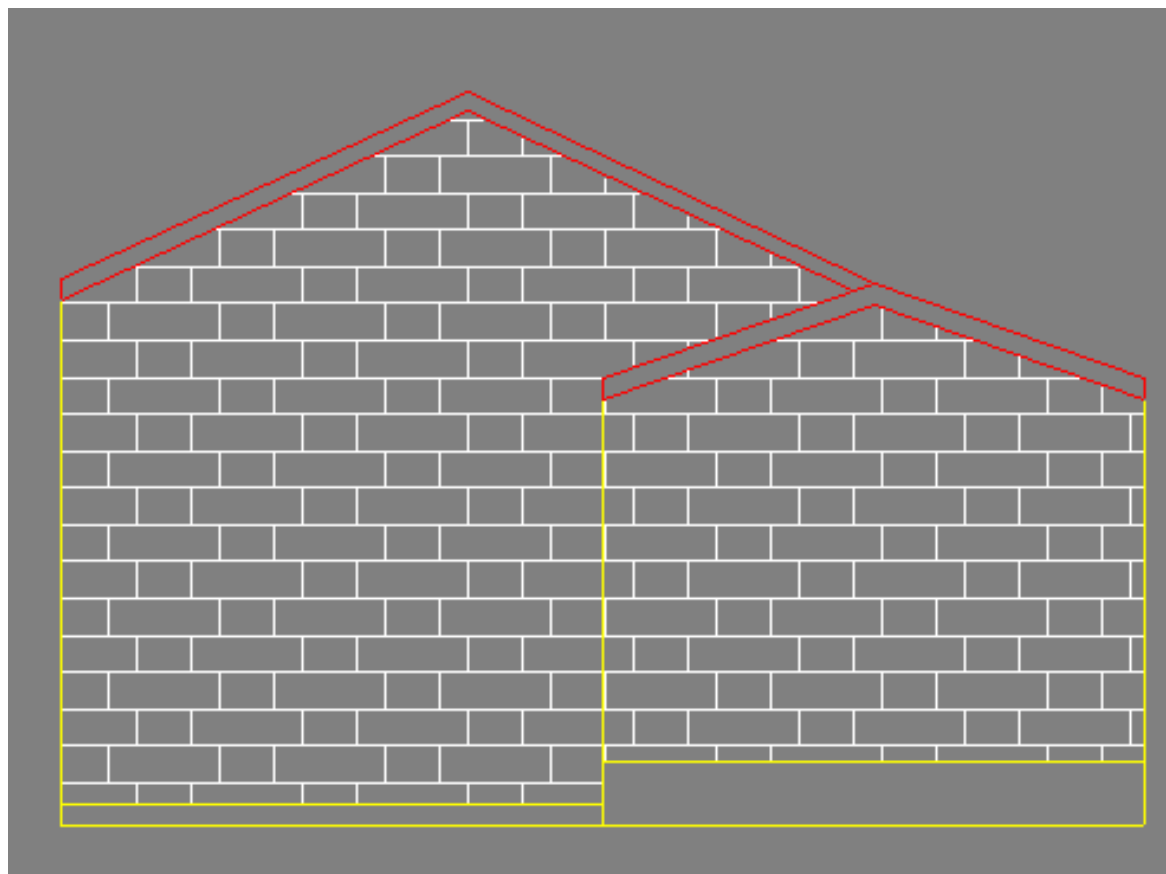
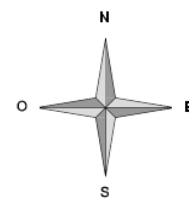


138

Alçado Noroeste



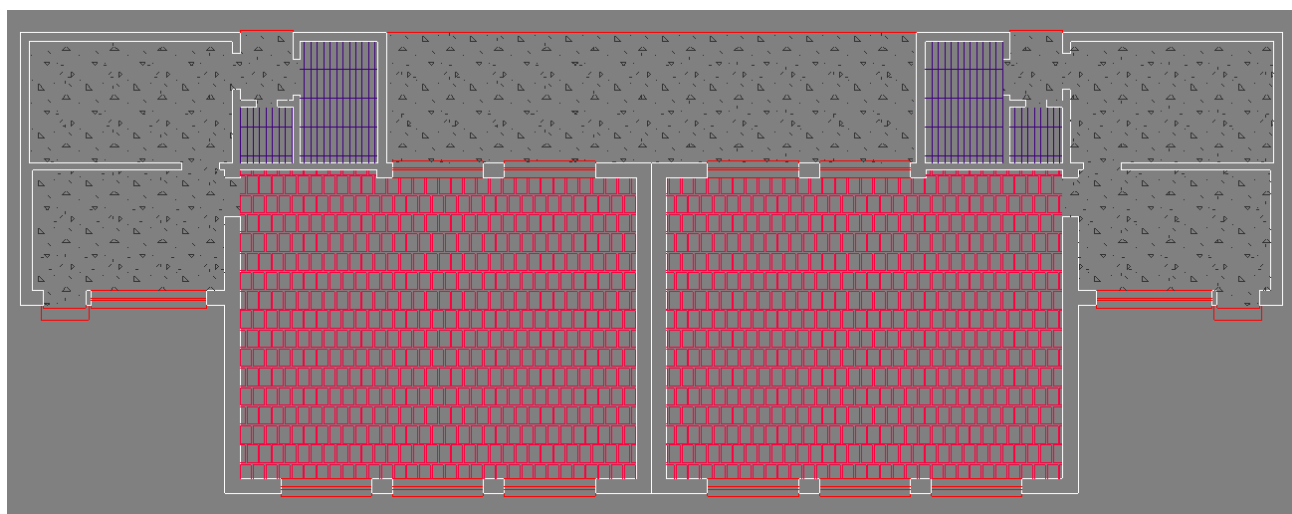
Alçado Sudoeste



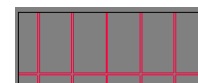
140

Alçado Nordeste

## CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE REVESTIMENTO DOS PAVIMENTOS



Madeira



Mosaico "tipo 1"

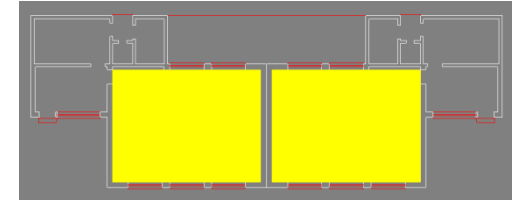


Mosaico "tipo 2"



Betonilha

## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS/ANOMALIAS***



1 – Tectos falsos degradados

2 – Destacamento de tinta

3 – Luzes sem caixilharia de protecção

4 – Oclusão de todas as caixas de ventilação natural

142



1



2



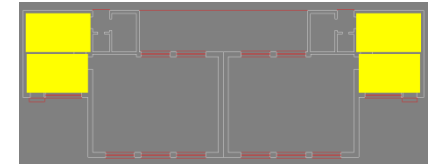
3



4



## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS/ANOMALIAS***



5 – Oclusão de todos os orifícios para ventilação

6 – Levantamento dos tectos falsos

7 – Falta de estanquidade nas portas exteriores

8 – Fissuração de paredes

143



5



6



7

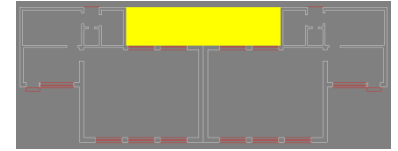


8



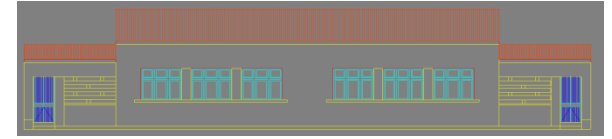
***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

Sem patologias a registrar



***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

Sem patologias a registrar



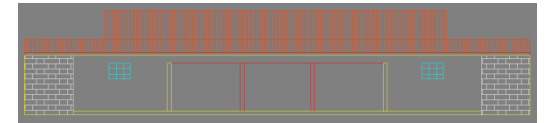
***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

Sem patologias a registrar

***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

9 – Humidade ascensional

10 – Filmes negros/Colonização biológica



147



9



10

9. Tipo de aquecimento utilizado:

9.1. Utilização de aquecedores elétricos? Não

9.2. Caldeira:

9.2.1. Horário de funcionamento: 8.30h – 16.00h (total de 7,5 horas)

9.2.2. Funciona a: gasóleo

10. Envidraçados:

10.1. Tipo: Duplos com caixilharia em alumínio

10.2. Estado de conservação: Bom

10.3. Normalmente abertos? Sim (no final do dia)

11. Estores:

11.1. Estado de conservação: Razoável

11.2. Muito ou pouco afastados? Pouco

12. Portas:

12.1. Exteriores:

12.1.1. Tipo: ferro/acrílico

12.1.2. Estado de Conservação: Razoável

12.1.3. Normalmente abertas? Sim

12.2. Interiores:

12.2.1. Tipo: Madeira

12.2.2. Estado de Conservação: Bom

12.2.3. Normalmente abertas? Sim

# INQUÉRITO DE CONFORTO

	1 (Pobre)	2 (Medíocre)	3 (Insuficiente)	4 (Bom)	5 (Excelente)
Sente-se confortável no edifício escolar, quando tem que passar longos períodos de tempo?				X	
Considera que o edifício tem boa acessibilidade a todas as divisões?					X
Considera os acessos às casas-de-banho adequados?				X	
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) estão bem iluminadas?				X	
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) têm iluminação natural suficiente?				X	
As salas de aula estão bem iluminadas?					X
As salas de aulas têm iluminação natural suficiente?					X
As casas-de-banho estão bem iluminadas?				X	
As casas-de-banho têm iluminação natural suficiente?	X				
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante o Inverno?					X
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante a Primavera?					X
Como avalia a acústica das salas de aula?					X
O ruído exterior influencia negativamente a aula?					X
O ruído entre salas influencia negativamente a aula?				X	

As salas de aula têm muito eco?					X
Sente necessidade de recorrer a sistemas de aquecimento térmico no Inverno?					X
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Inverno?					X
Sente necessidade de recorrer a sistemas de arrefecimento térmico na Primavera?					X
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Inverno?					X
Como avalia o estado dos estores?				X	
Considera suficientes e eficazes os estores existentes?			X		
Tendo em conta o número de alunos considera a área das salas de aula suficiente?					X
Tendo em conta o número total de utilizadores do edifício escolar considera as áreas dos espaços comuns suficientes?				X	
Considera suficientes os espaços sociais abrigados dos agentes atmosféricos existentes?		X			
Considera que o ambiente interno promove a sensação de bem-estar e de motivação aos estudantes, pessoal docente e não docente?				X	
Considera que as entradas do edifício escolar são acolhedoras, bem localizadas e permitem a vigilância passiva?		X			
Considera que existem condições para segurança passiva por toda a escola?			X		
O edifício escolar funciona satisfatoriamente na sua lotação máxima?					X
Considera agradável trabalhar, comer, aprender, brincar, ensinar e socializar na escola?					X



Características do aquecimento:

5. Caldeira

5.1. ROCA

5.2. Gasto: 1,3 : 5kg/h

5.3. Potência: 180W

5.4. Tensão: 230V

5.5. CRONO 5-L

5.6. Dimensão: 234x254x282mm

5.7. Pe: 9kg

Pela Portaria nº 464/03 de 6 de Junho: 1000l = 835 kg

Cálculo de consumo mínimo de gasóleo:

Então,  $1,3\text{kg/h} = 1,56\text{l/h} = 2\text{l/h}$

Como a caldeira é usada durante 7,5h/dia, então diariamente são gastos 15l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 300l.

Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 390 euros.

Cálculo de consumo máximo de gasóleo:

Então,  $5\text{kg/h} = 5,99\text{l/h} = 6\text{l/h}$

Como a caldeira é usada durante 7,5h/dia, então diariamente são gastos 45l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 900l.

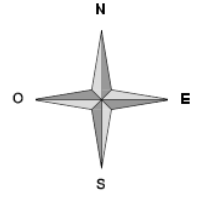
Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 1170 euros.

***RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E  
DIAGNÓSTICO***

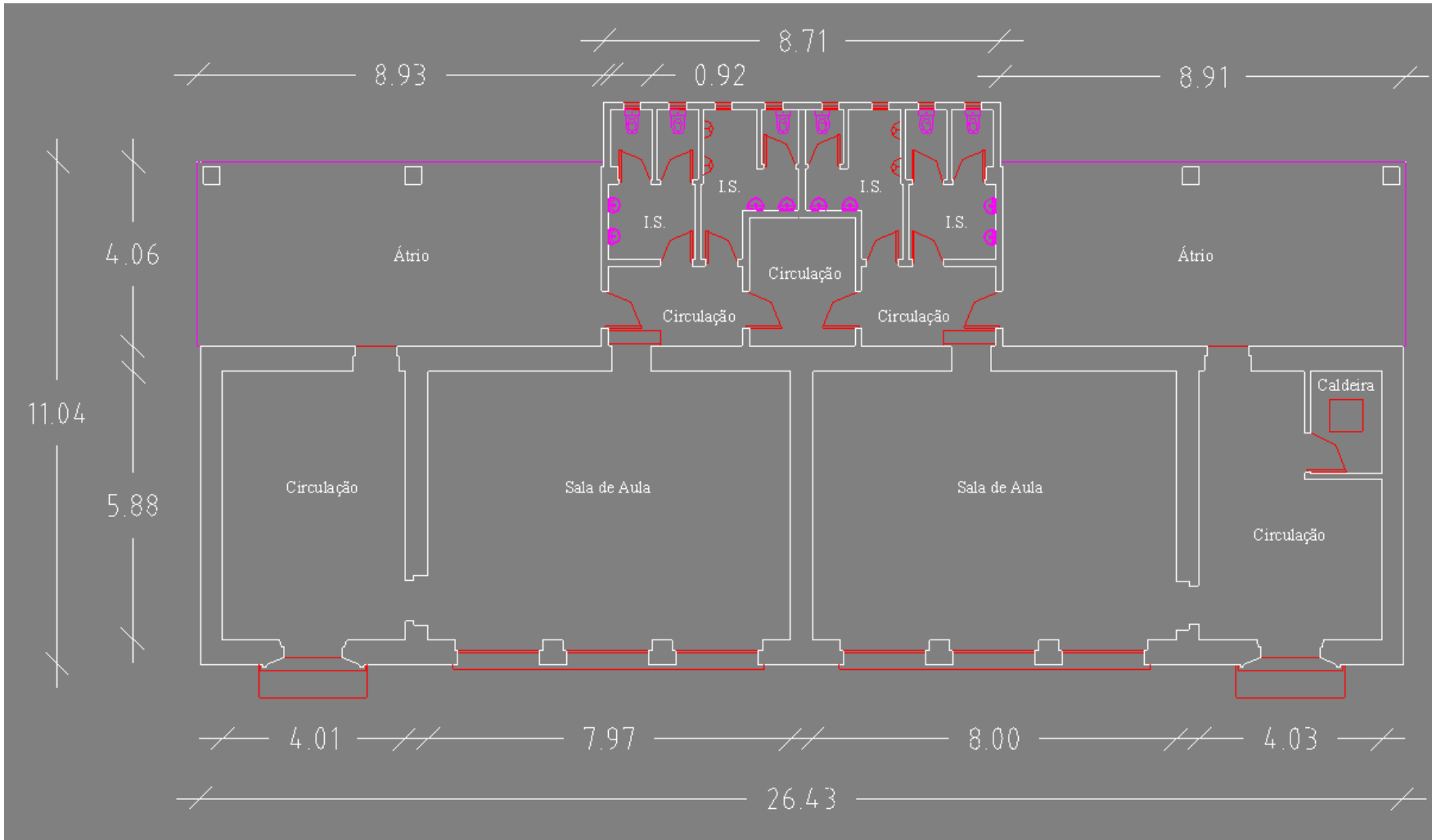


***ESCOLA DO 1º CICLO DE MELO***

*PLANTAS*

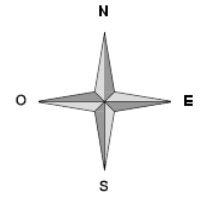


Planta de localização

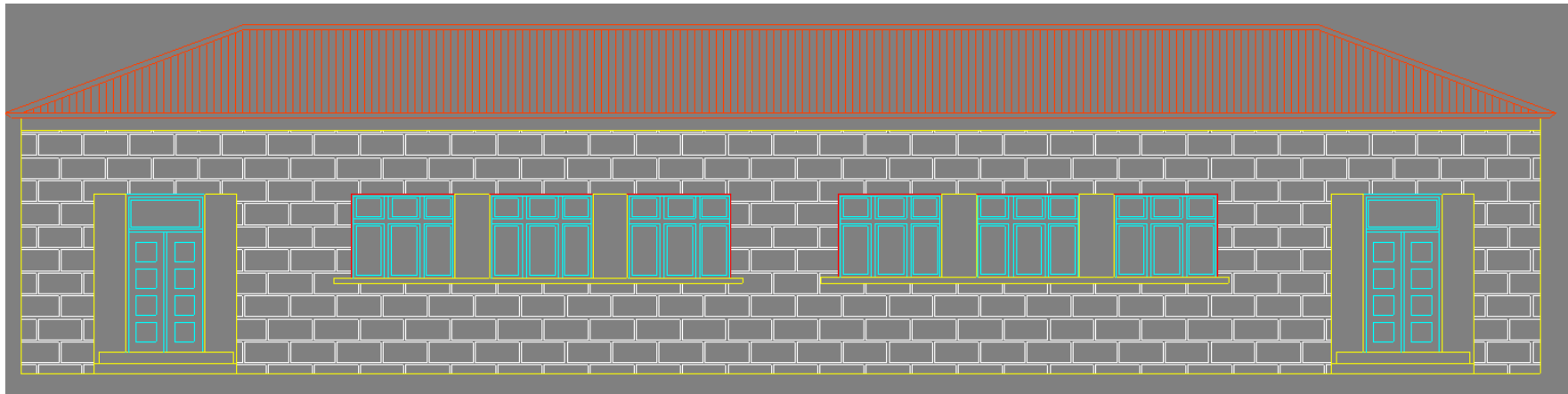


Rés-do-chão

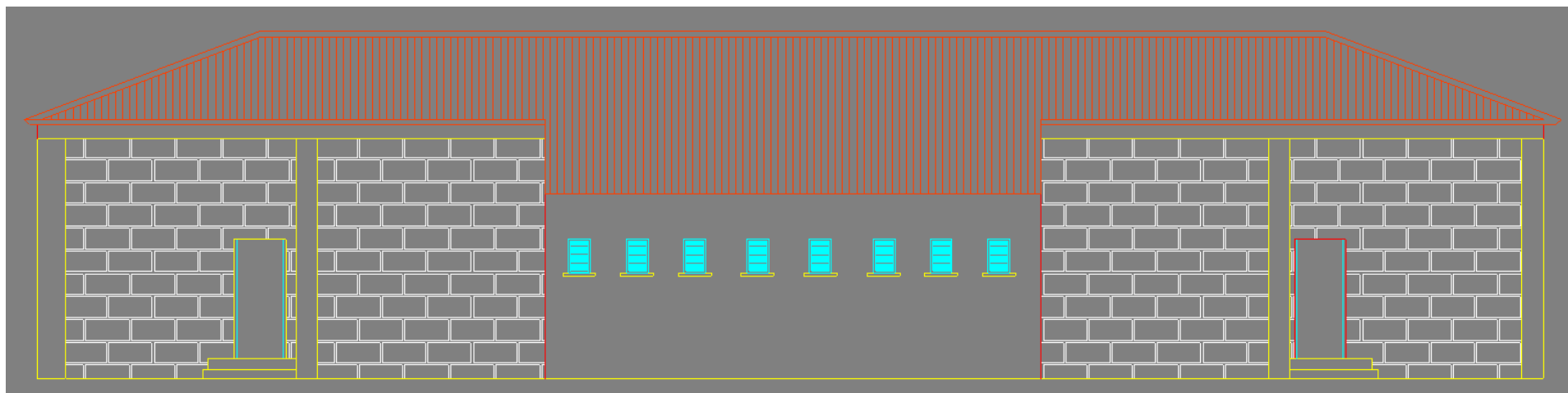
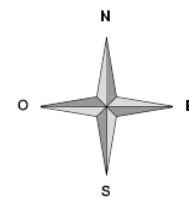
*ALÇADOS*



156

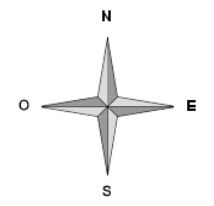
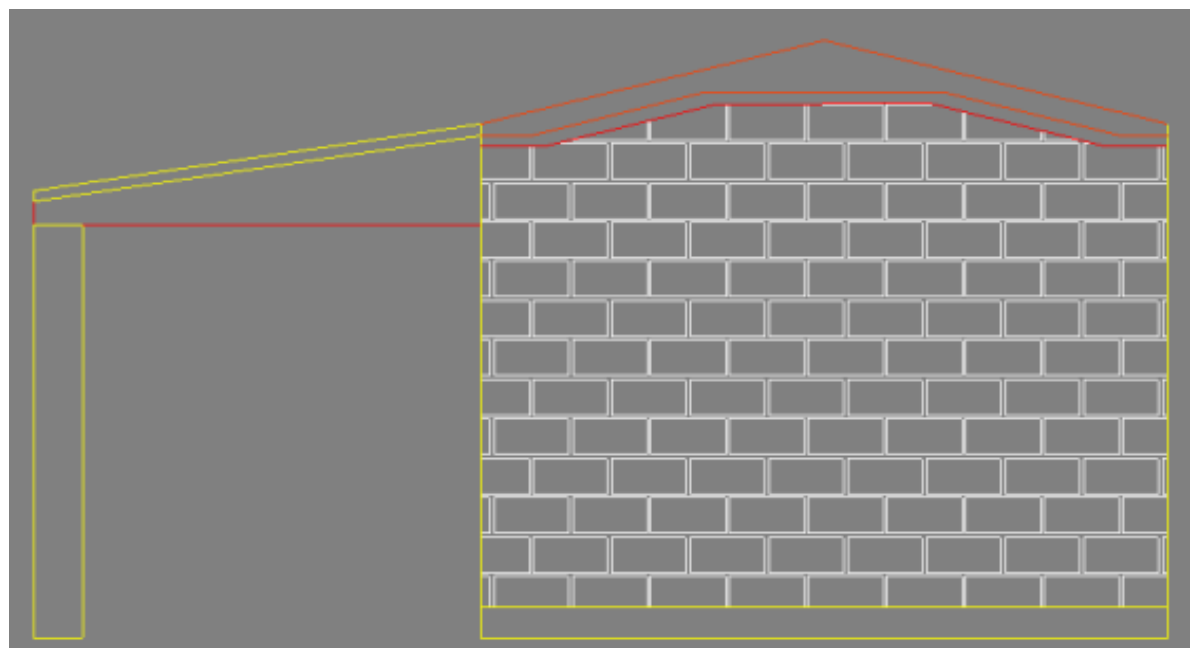


Alçado Sul



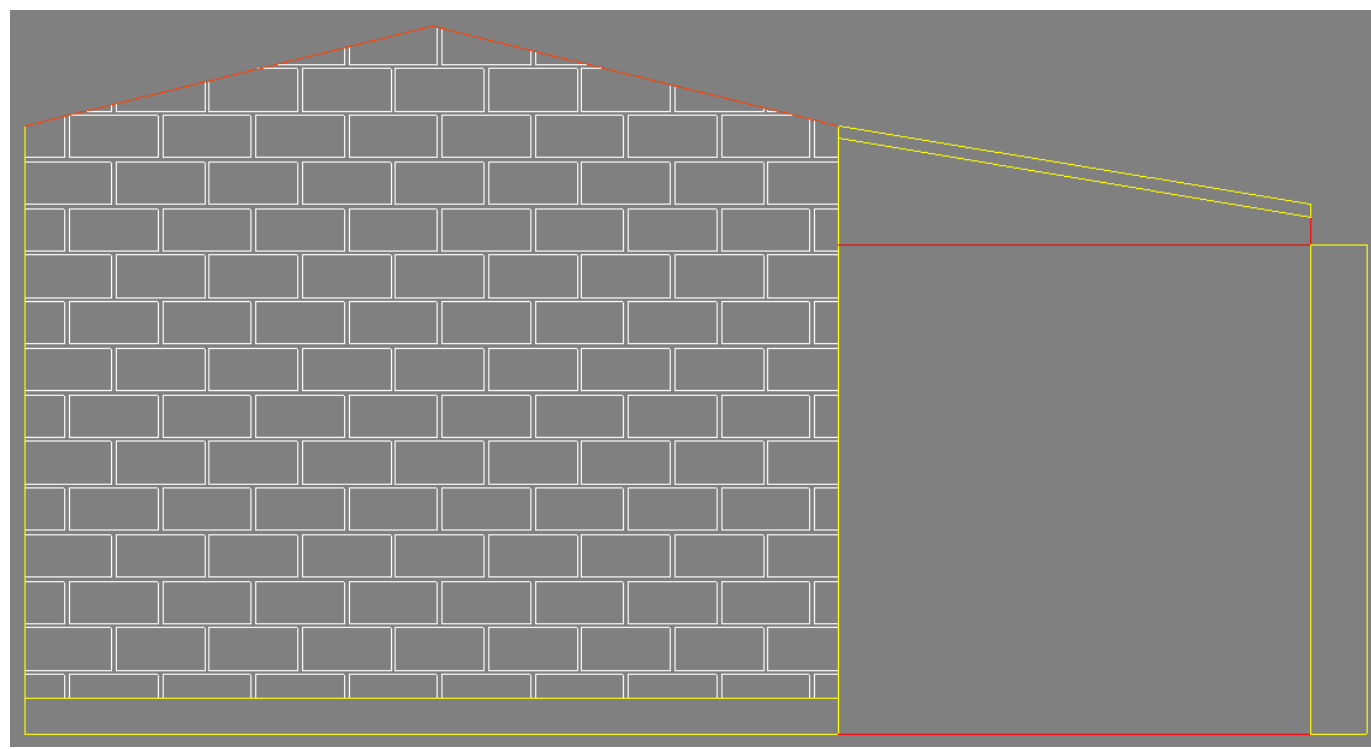
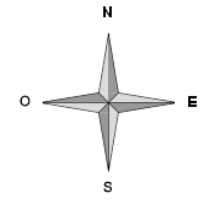
157

Alçado Norte



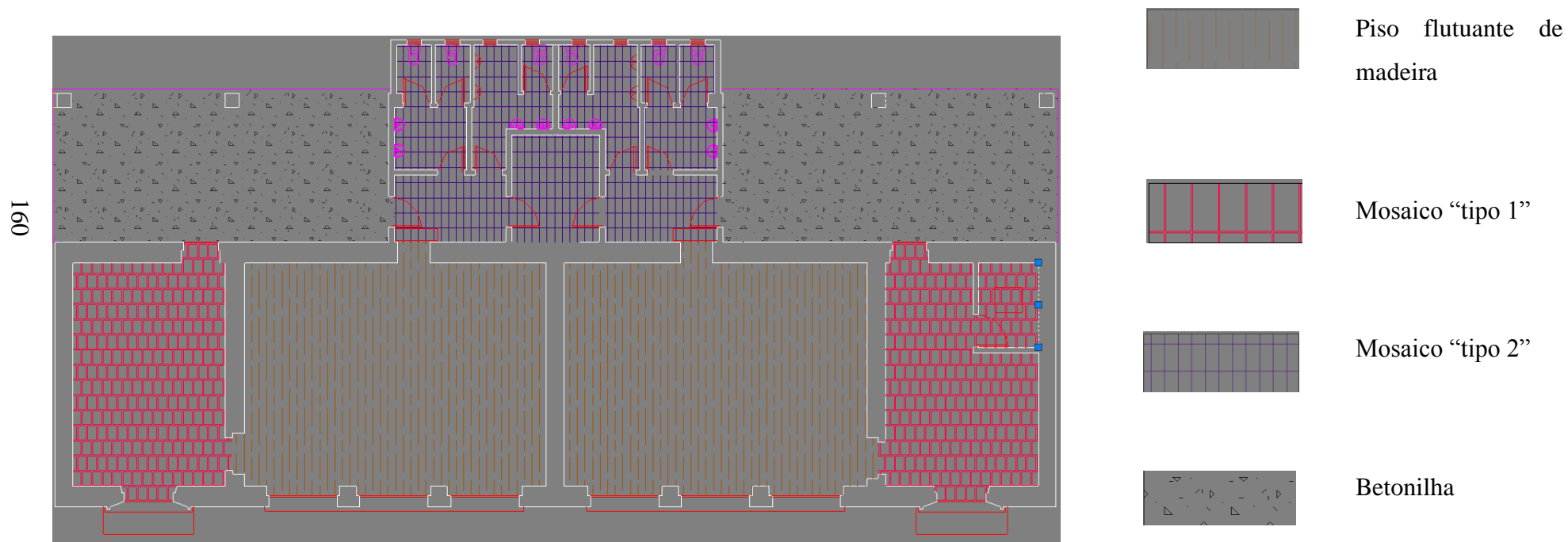
Alçado Oeste

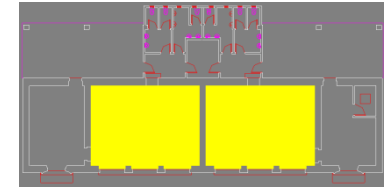




Alçado Este

## CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE REVESTIMENTO DOS PAVIMENTOS





**LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS/ANOMALIAS**

1 – Oclusão de espaços para ventilação natural

2 – Destacamento de tinta

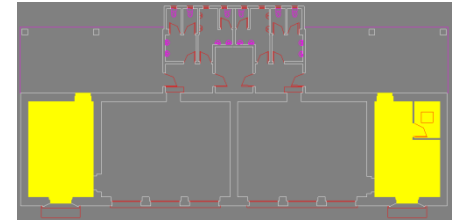


1



2

## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***



3 – Buraco na laje de cobertura

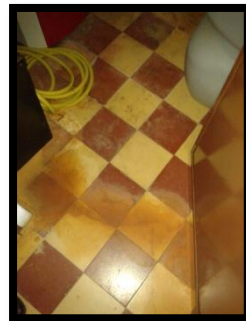
4 – Oxidação do pavimento

5 – Remates defeituosos nos tectos falsos

6 – Infiltração



3



4



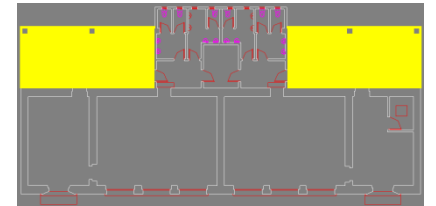
5



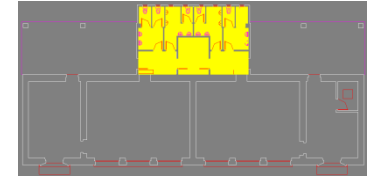
6

***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

Sem patologias a registrar



## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

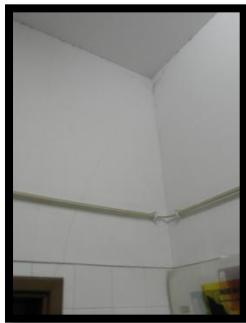


7 - Fissuração

8 – Humidades

9 – Oclusão dos espaços de ventilação natural das casas-de-banho

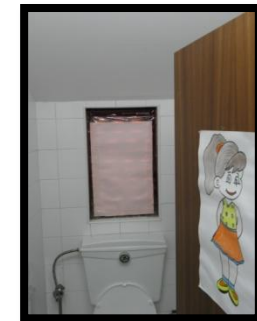
164



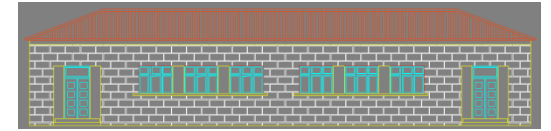
7



8



9



***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

10 – Portas exteriores em mau estado de conservação

11 – Filmes negros

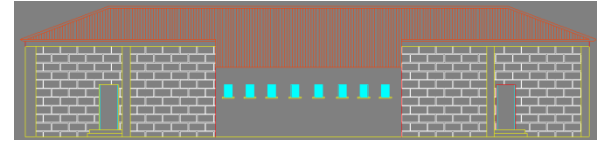
165



10



11



**LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS**

12 – Humidade ascensional

13 – Descamamento do revestimento exterior



12



13



13. Tipo de aquecimento utilizado:

13.1. Utilização de aquecedores elétricos? Não

13.2. Caldeira:

13.2.1. Horário de funcionamento: 1h30min

13.2.2. Funciona a: gasóleo

14. Envidraçados:

14.1. Tipo: Duplos com caixilharia em alumínio

14.2. Estado de conservação: Bom

14.3. Normalmente abertos? Não

15. Estores:

15.1. Estado de conservação: Bom

15.2. Muito ou pouco afastados? Pouco

16. Portas:

16.1. Exteriores:

16.1.1. Tipo: madeira

16.1.2. Estado de Conservação: mau

16.1.3. Normalmente abertas? Não

16.2. Interiores:

16.2.1. Tipo: Madeira

16.2.2. Estado de Conservação: Razoável

16.2.3. Normalmente abertas? Sim

# INQUÉRITO DE CONFORTO

	1 (Pobre)	2 (Medíocre)	3 (Insuficiente)	4 (Bom)	5 (Excelente)
Sente-se confortável no edifício escolar, quando tem que passar longos períodos de tempo?			X		
Considera que o edifício tem boa acessibilidade a todas as divisões?			X		
Considera os acessos às casas-de-banho adequados?				X	
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) estão bem iluminadas?				X	
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) têm iluminação natural suficiente?	X				
As salas de aula estão bem iluminadas?					X
As salas de aulas têm iluminação natural suficiente?					X
As casas-de-banho estão bem iluminadas?				X	
As casas-de-banho têm iluminação natural suficiente?	X				
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante o Inverno?				X	
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante a Primavera?				X	
Como avalia a acústica das salas de aula?				X	
O ruído exterior influencia negativamente a aula?					X
O ruído entre salas influencia negativamente a aula?					X

As salas de aula têm muito eco?					X
Sente necessidade de recorrer a sistemas de aquecimento térmico no Inverno?	X				
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Inverno?		X			
Sente necessidade de recorrer a sistemas de arrefecimento térmico na Primavera?				X	
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Primavera?				X	
Como avalia o estado dos estores?				X	
Considera suficientes e eficazes os estores existentes?				X	
Tendo em conta o número de alunos considera a área das salas de aula suficiente?				X	
Tendo em conta o número total de utilizadores do edifício escolar considera as áreas dos espaços comuns suficientes?			X		
Considera suficientes os espaços sociais abrigados dos agentes atmosféricos existentes?		X			
Considera que o ambiente interno promove a sensação de bem-estar e de motivação aos estudantes, pessoal docente e não docente?				X	
Considera que as entradas do edifício escolar são acolhedoras, bem localizadas e permitem a vigilância passiva?			X		
Considera que existem condições para segurança passiva por toda a escola?			X		
O edifício escolar funciona satisfatoriamente na sua lotação máxima?			X		
Considera agradável trabalhar, comer, aprender, brincar, ensinar e socializar na escola?				X	

Características do aquecimento:

6. Caldeira
  - 6.1. ROCA
  - 6.2. Gasto: 4 : 10kg/h
  - 6.3. Potência: 47:119 kW
  - 6.4. Viscosidade máxima: 5,5 CGT 37,8°C
  - 6.5. Consumo: 0,18 kW
  - 6.6. Pressão: 1:0,1 mbar
  - 6.7. Tensão: 230V
  - 6.8. CRONO 10-L
  - 6.9. Dimensão: 255x280x282mm
  - 6.10. Pe: 9kg

Pela Portaria nº 464/03 de 6 de Junho: 1000l = 835 kg

Cálculo de consumo mínimo de gasóleo:

Então, 4kg/h = 4,79l/h = 5l/h

Como a caldeira é usada durante 1,5h/dia, então diariamente são gastos 7,5l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 150l.

Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 195 euros.

Cálculo de consumo máximo de gasóleo:

Então,  $10\text{kg/h} = 11,98\text{l/h} = 12\text{l/h}$

Como a caldeira é usada durante 1,5h/dia, então diariamente são gastos 18l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 360l.

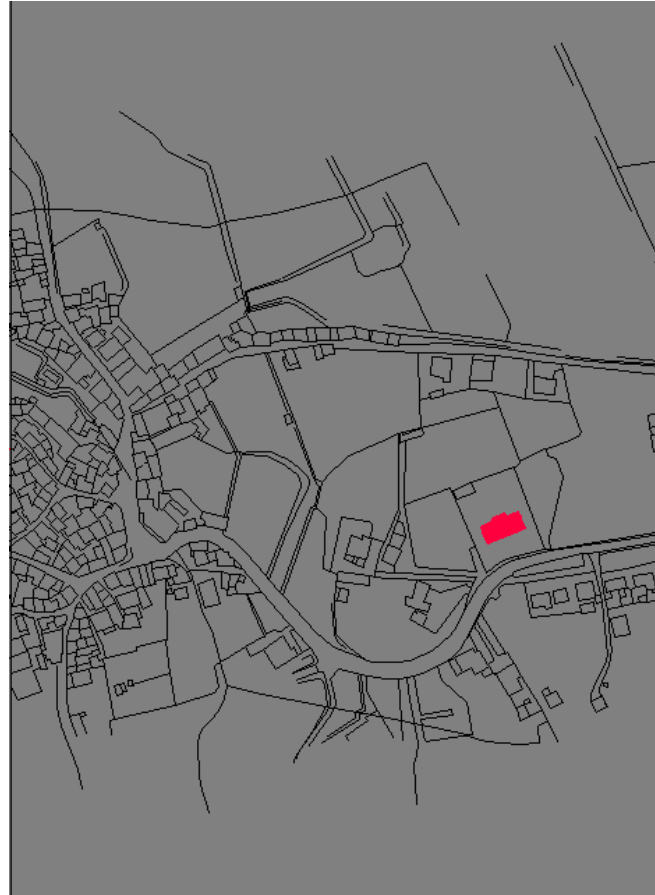
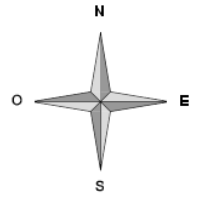
Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 468 euros.

***RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E  
DIAGNÓSTICO***

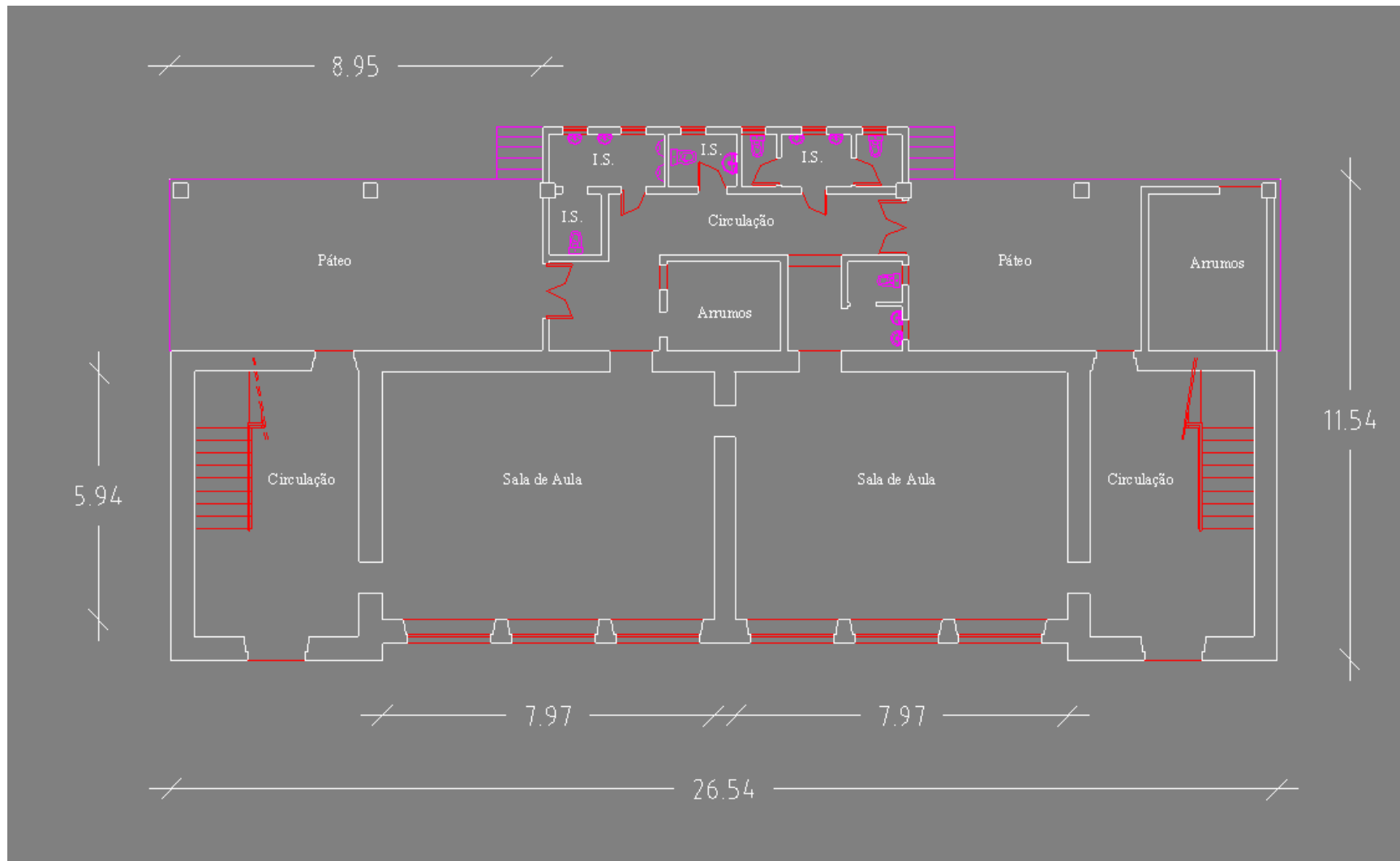


***ESCOLA DO 1º CICLO DE  
MOIMENTA DA SERRA***

*PLANTAS*

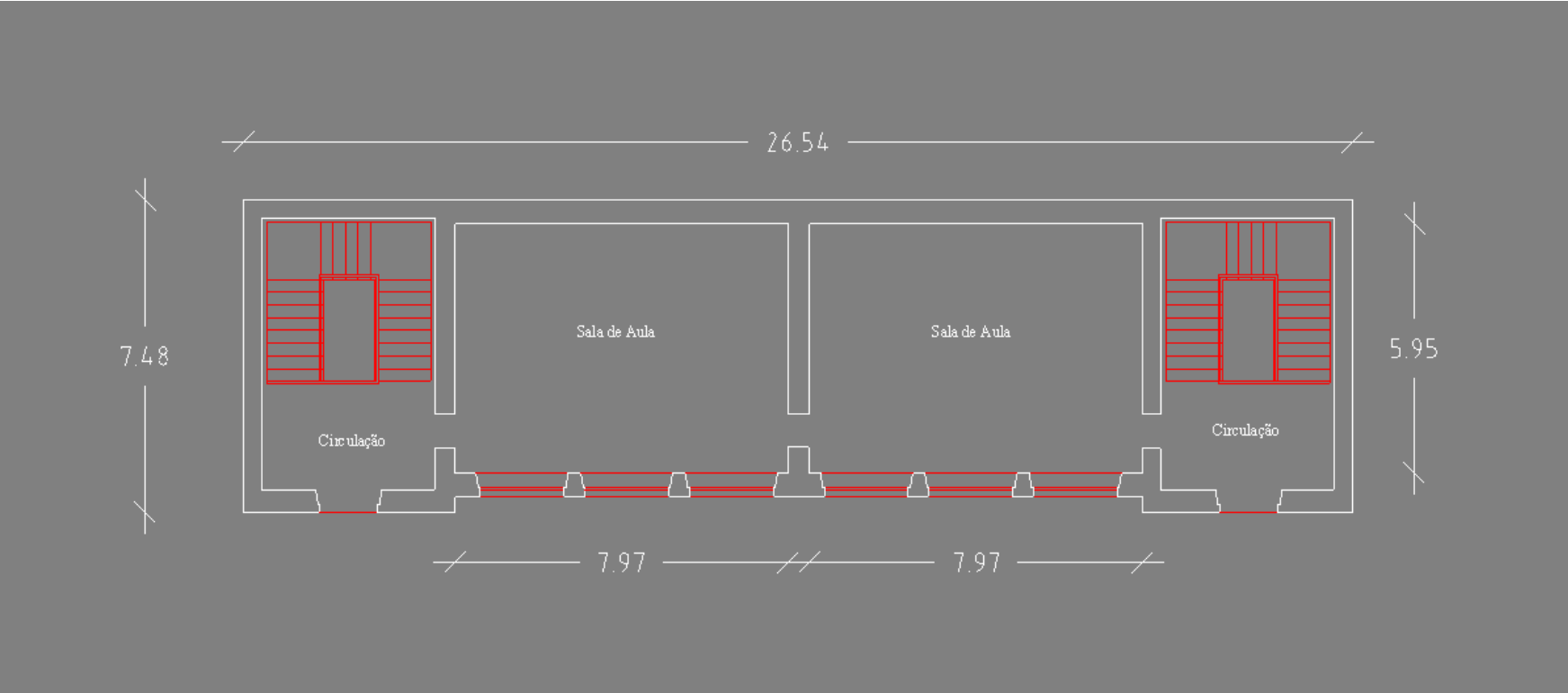


Planta de localização



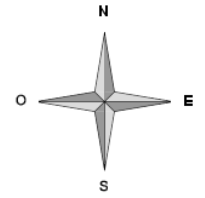
Rés-do-chão



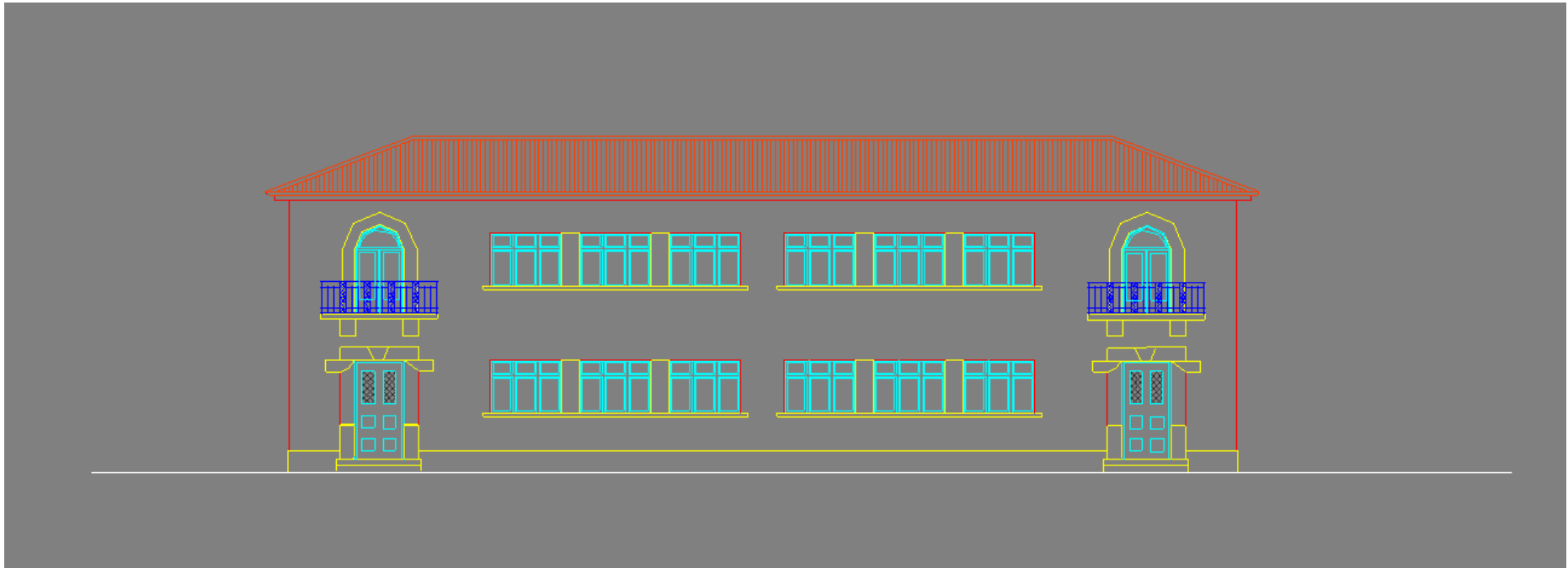


1º Andar

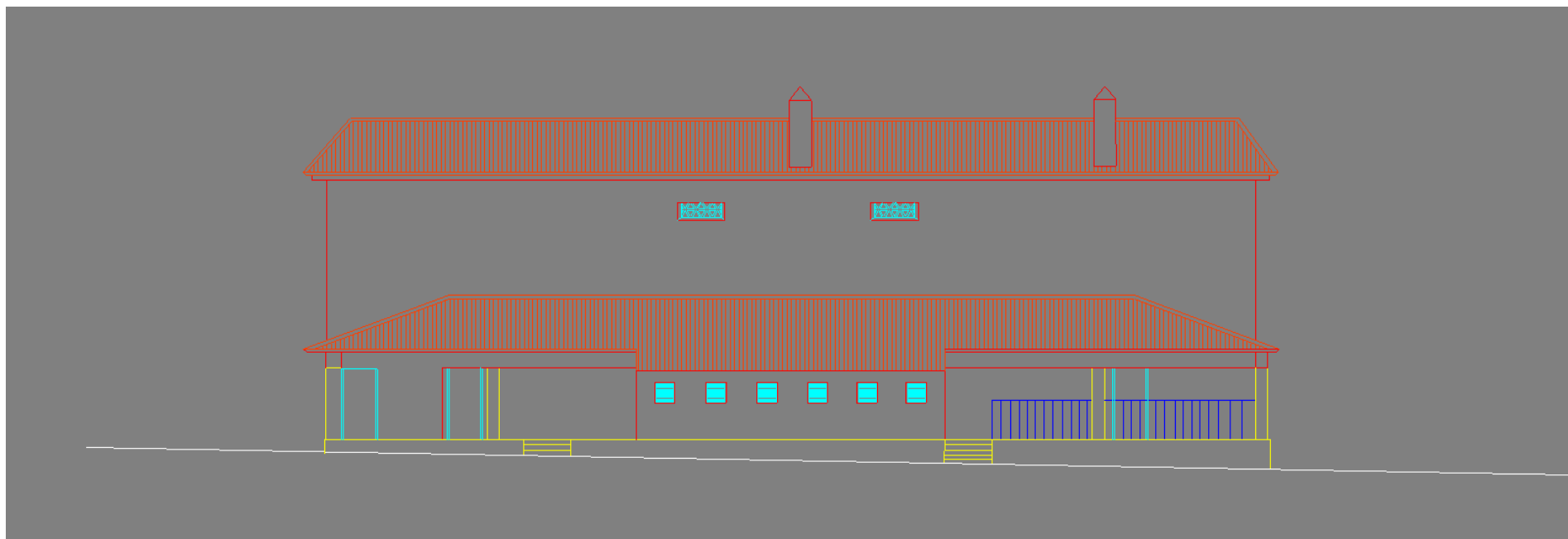
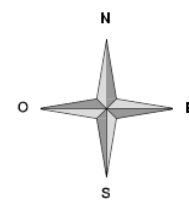
*ALÇADOS*



176



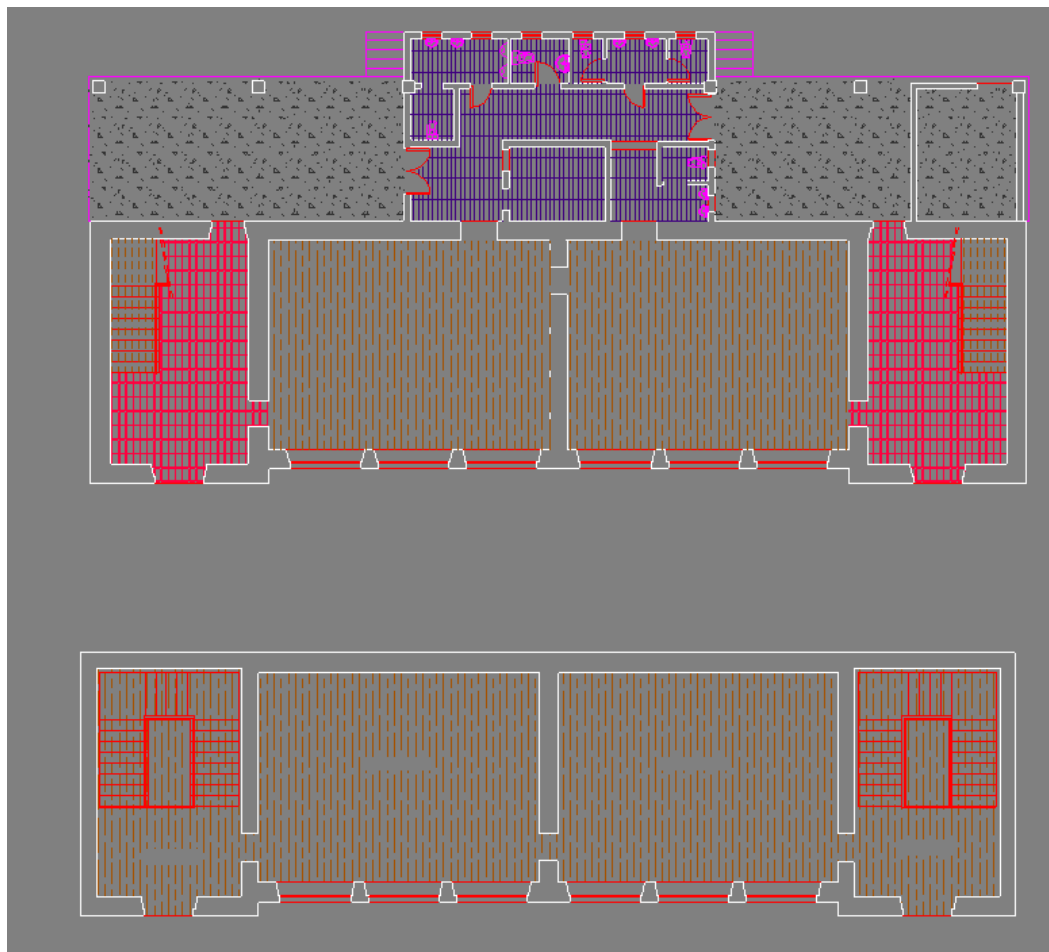
Alçado Sudeste



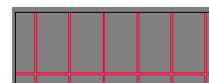
177

Alçado Noroeste

## CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE REVESTIMENTO DOS PAVIMENTOS



Parquet



Mosaico "tipo 1"



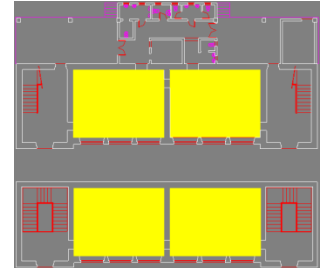
Mosaico "tipo 2"



Betoniha

***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

1 – Fissuração nos tectos



1

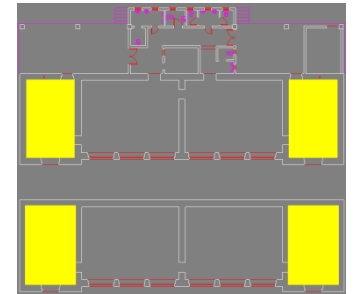
## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

2 – Humidades nas juntas tecto/paredes

3 – Humidades nas paredes

4 – Filmes Negros

5 – Destacamento de tinta



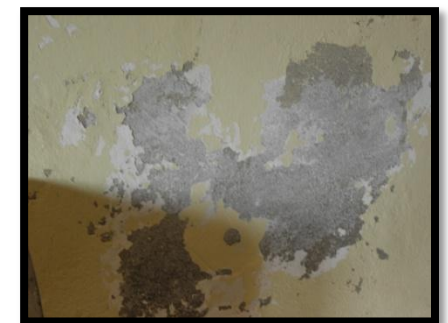
2



3

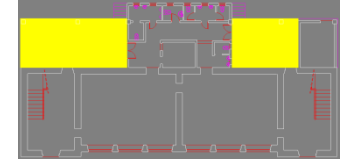


4



5

**LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS**



6 – Colonização biológica

7 – Destacamento de tinta

8 – Destacamento de tinta



6



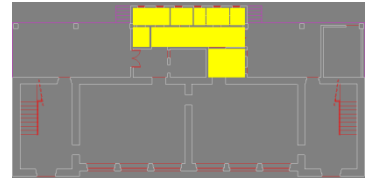
7



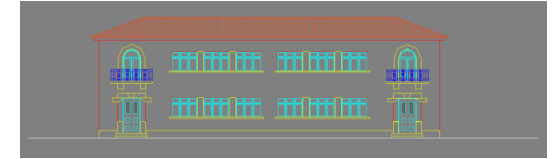
8

***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

Sem patologias a registrar







## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

9 – Colonização biológica/Filmes negros

10 – Ninho e outras sujidades

11 – Destacamento de estuque/reboco

12 – Mau estado de conservação das portas

183



9



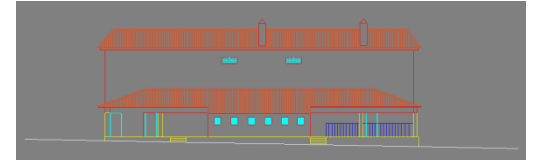
10



11



12



## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

13 – Destacamento de tinta

14 – Filmes negros

15 – Caleira incompleta



13



14



15

17. Tipo de aquecimento utilizado:

17.1. Utilização de aquecedores elétricos? Sim (1 por sala)

17.1.1. Se sim, com que potência? 15 volts

17.2. Caldeira:

17.2.1. Horário de funcionamento: 8.30h – 14.30h (total de 6 horas)

17.2.2. Funciona a: gásóleo

18. Envidraçados:

18.1. Tipo: Duplos com caixilharia em alumínio

18.2. Estado de conservação:

18.3. Normalmente abertos? Não (apenas na Primavera)

19. Estores:

19.1. Estado de conservação: Razoável

19.2. Muito ou pouco afastados? Pouco

20. Portas:

20.1. Exteriores:

20.1.1. Tipo: madeira com vidros simples

20.1.2. Estado de Conservação: mau

20.1.3. Normalmente abertas? Não

20.2. Interiores:

20.2.1. Tipo: Madeira

20.2.2. Estado de Conservação: Bom

20.2.3. Normalmente abertas? Não

Notas: cantina usada também como sala de aula o que faz com que os alunos tenham que atravessar áreas não cobertas para ir à casa-de-banho.

# INQUÉRITO DE CONFORTO

	1 (Pobre)	2 (Medíocre)	3 (Insuficiente)	4 (Bom)	5 (Excelente)
Sente-se confortável no edifício escolar, quando tem que passar longos períodos de tempo?				X	
Considera que o edifício tem boa acessibilidade a todas as divisões?			X		
Considera os acessos às casas-de-banho adequados?				X	
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) estão bem iluminadas?			X		
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) têm iluminação natural suficiente?			X		
As salas de aula estão bem iluminadas?				X	
As salas de aulas têm iluminação natural suficiente?				X	
As casas-de-banho estão bem iluminadas?				X	
As casas-de-banho têm iluminação natural suficiente?			X		
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante o Inverno?			X		
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante a Primavera?				X	
Como avalia a acústica das salas de aula?				X	
O ruído exterior influencia negativamente a aula?					X
O ruído entre salas influencia negativamente a aula?			X		

As salas de aula têm muito eco?				X	
Sente necessidade de recorrer a sistemas de aquecimento térmico no Inverno?					X
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Inverno?				X	
Sente necessidade de recorrer a sistemas de arrefecimento térmico na Primavera?				X	
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Primavera?				X	
Como avalia o estado dos estores?			X		
Considera suficientes e eficazes os estores existentes?			X		
Tendo em conta o número de alunos considera a área das salas de aula suficiente?		X			
Tendo em conta o número total de utilizadores do edifício escolar considera as áreas dos espaços comuns suficientes?		X			
Considera suficientes os espaços sociais abrigados dos agentes atmosféricos existentes?		X			
Considera que o ambiente interno promove a sensação de bem-estar e de motivação aos estudantes, pessoal docente e não docente?			X		
Considera que as entradas do edifício escolar são acolhedoras, bem localizadas e permitem a vigilância passiva?				X	
Considera que existem condições para segurança passiva por toda a escola?				X	
O edifício escolar funciona satisfatoriamente na sua lotação máxima?			X		
Considera agradável trabalhar, comer, aprender, brincar, ensinar e socializar na escola?			X		

Características do aquecimento:

7. Termoventiladores:

7.1. 230V – 50Hz 2000W

7.2. S&P Tipo: TLS-403T

7.3.

8. Caldeira

8.1. ROCA

8.2. Gasto: 4 : 10kg/h

8.3. Potência: 47:119 kW

8.4. Viscosidade máxima: 5,5 CGT 37,8°C

8.5. Consumo: 0,18 kW

8.6. Pressão: 1:0,1 mbar

8.7. Tensão: 230V

8.8. CRONO 10-L

8.9. Dimensão: 255x280x282mm

8.10. Pe: 9kg

Pela Portaria nº 464/03 de 6 de Junho: 1000l = 835 kg

Cálculo de consumo mínimo de gasóleo:

Então, 4kg/h = 4,79l/h = 5l/h

Como a caldeira é usada durante 6h/dia, então diariamente são gastos 30l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 600l.

Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 780 euros.

Cálculo de consumo máximo de gasóleo:

Então,  $10\text{kg/h} = 11,98\text{l/h} = 12\text{l/h}$

Como a caldeira é usada durante 6h/dia, então diariamente são gastos 72l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 1440l.

Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 1872 euros.

Cálculo da electricidade gasta:

Nº de termoventiladores utilizados: 4

Potência dos termoventiladores: 2000W

Total de energia gasta:  $4 \times 2000 = 8000 \text{ W}$

Total de energia gasta ao final de um dia =  $8000 \times 8\text{h} = 16000 \text{ Wh} = 16 \text{ kWh}$

Operadora: (exemplo) EDP Casa

Potência contratada: 6,9 kVA

Potência euros/dia: 0,3510

Energia euros/kWh: 0,1405

Deste modo obtem-se uma fatura de:  $0,1405 \times 16 = 2,25$  euros (faltando adicionar as tarifas fixas)

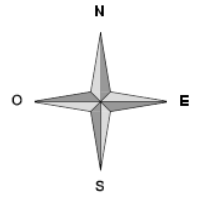
***RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E  
DIAGNÓSTICO***



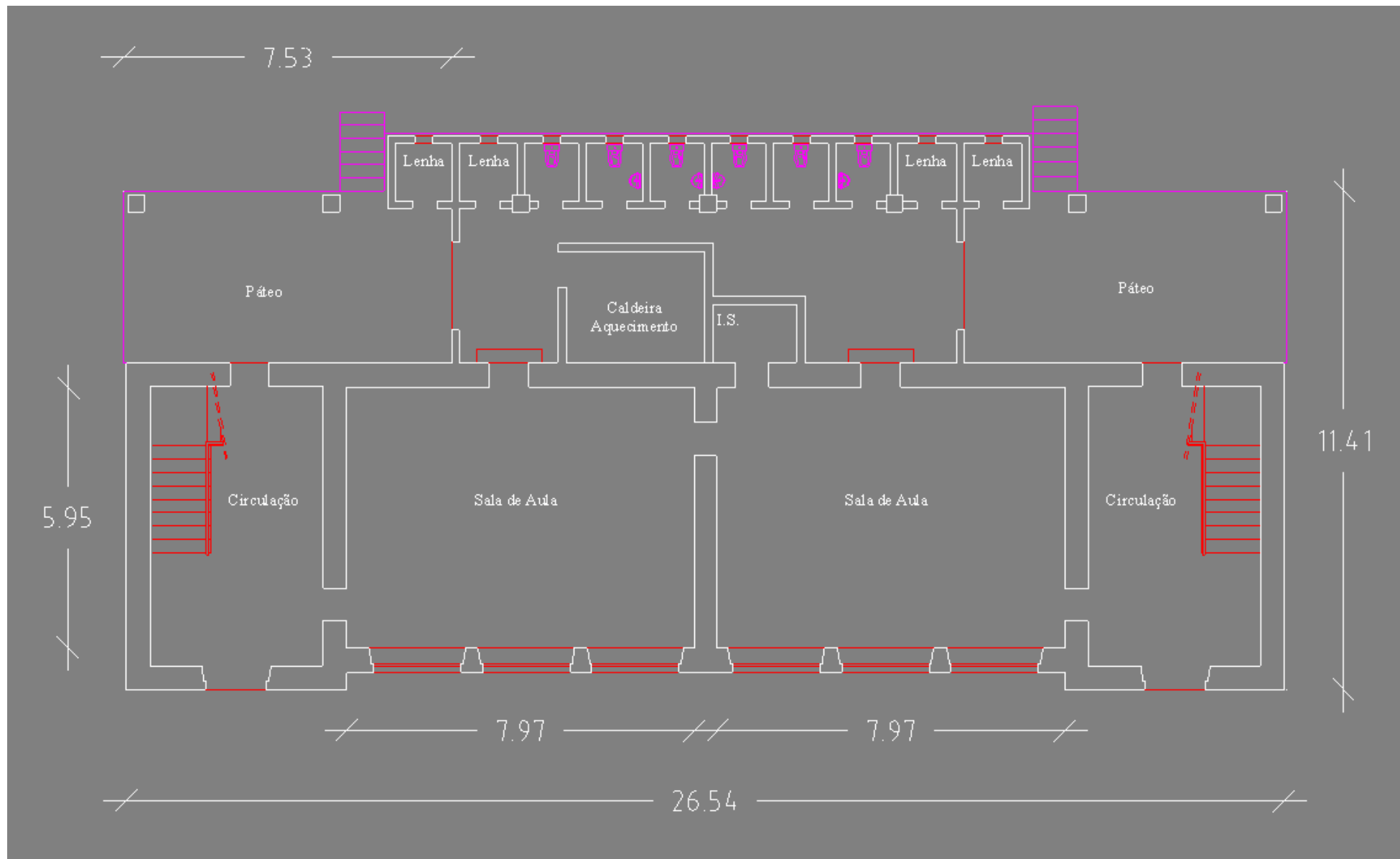
***ESCOLA DO 1º CICLO DE PAÇOS DA  
SERRA***



*PLANTAS*

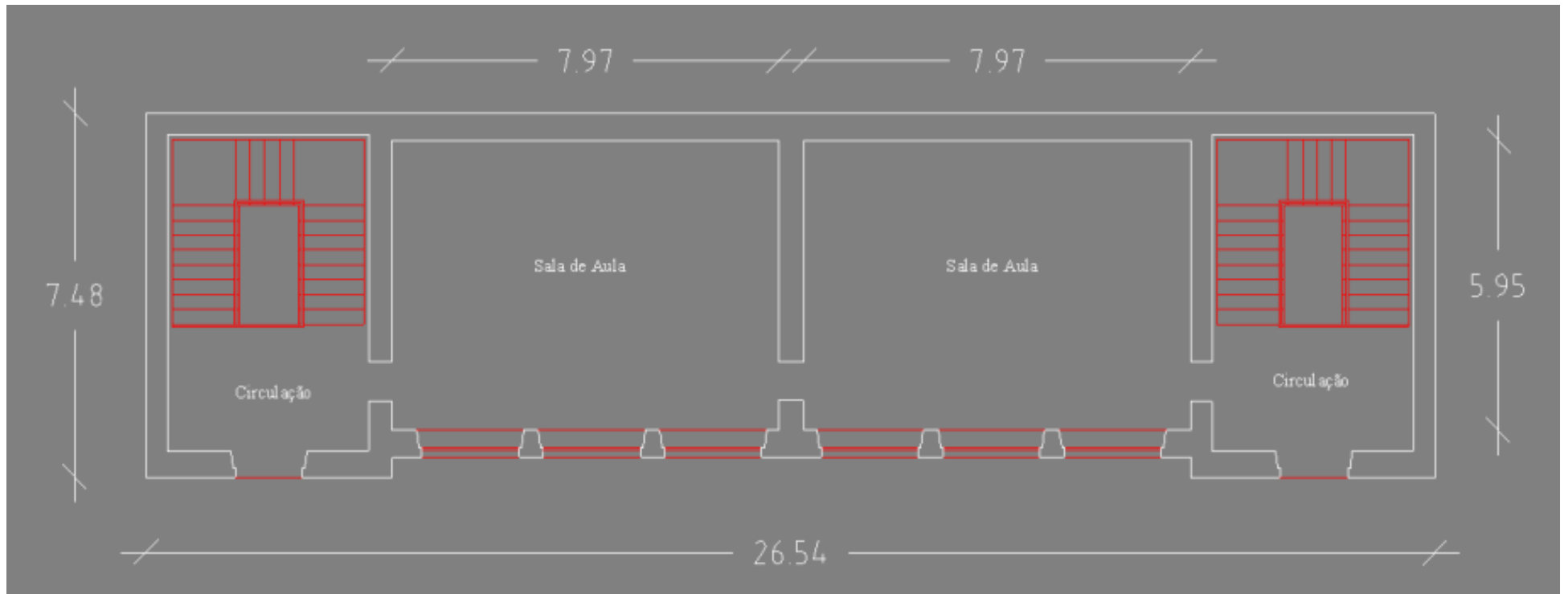


Planta de localização

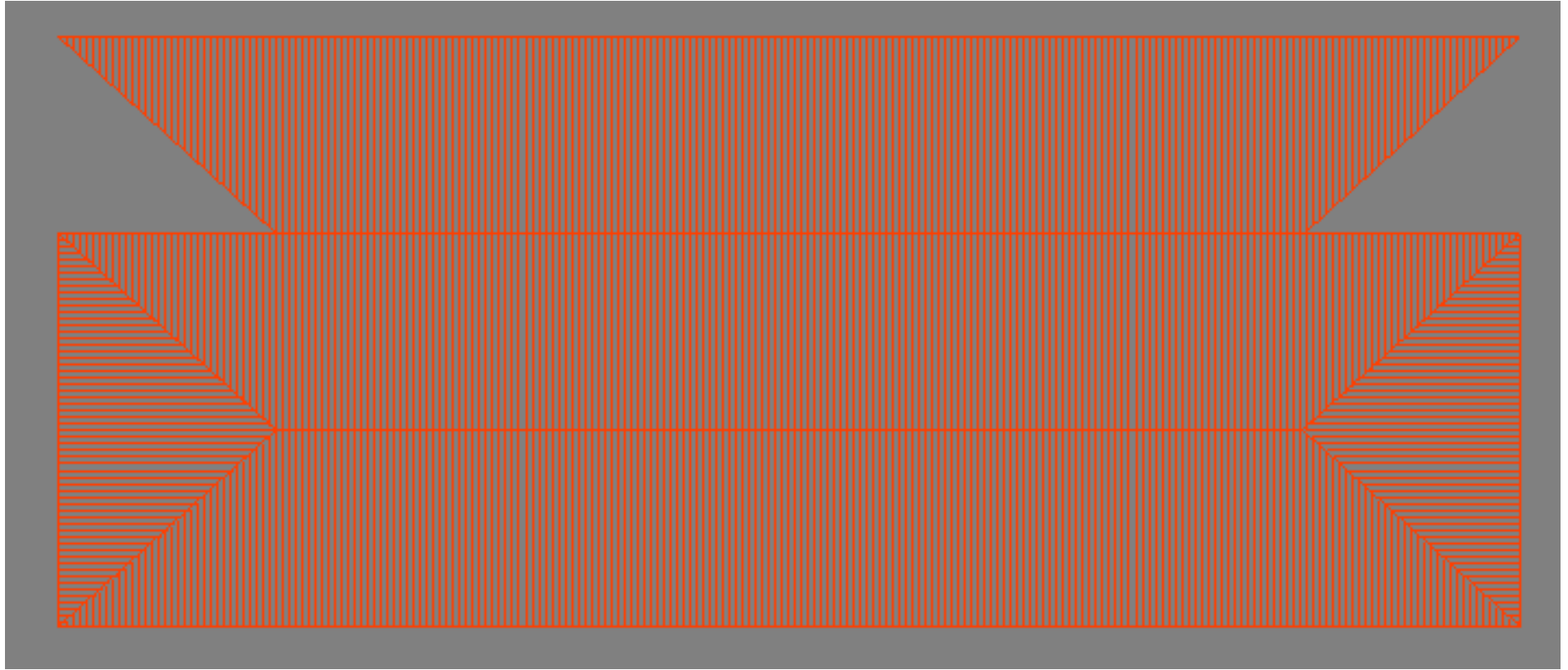


192

Rés-do-chão

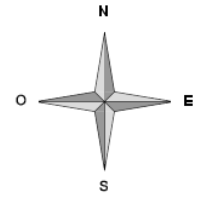


1º Andar

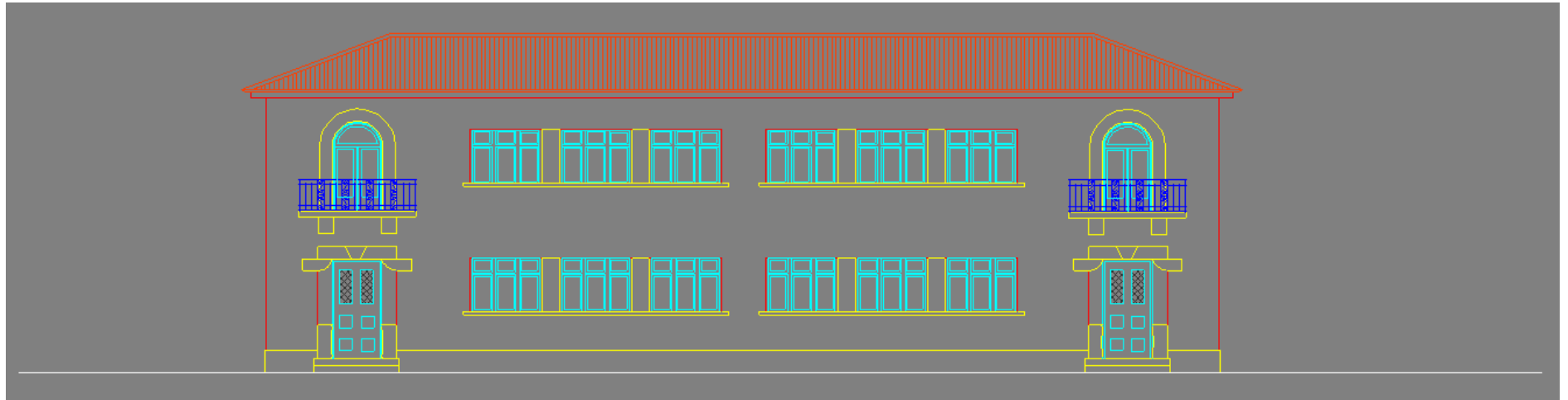


Planta da cobertura

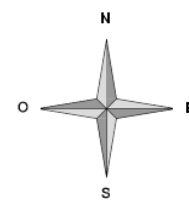
*ALÇADOS*



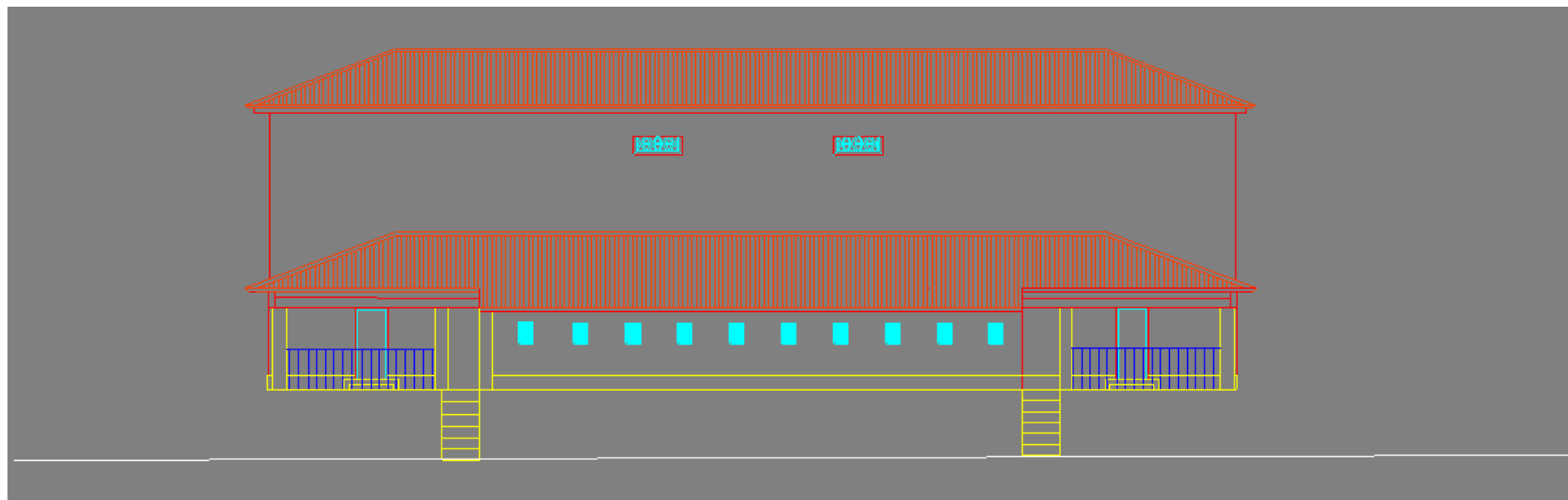
195



Alçado Sudeste



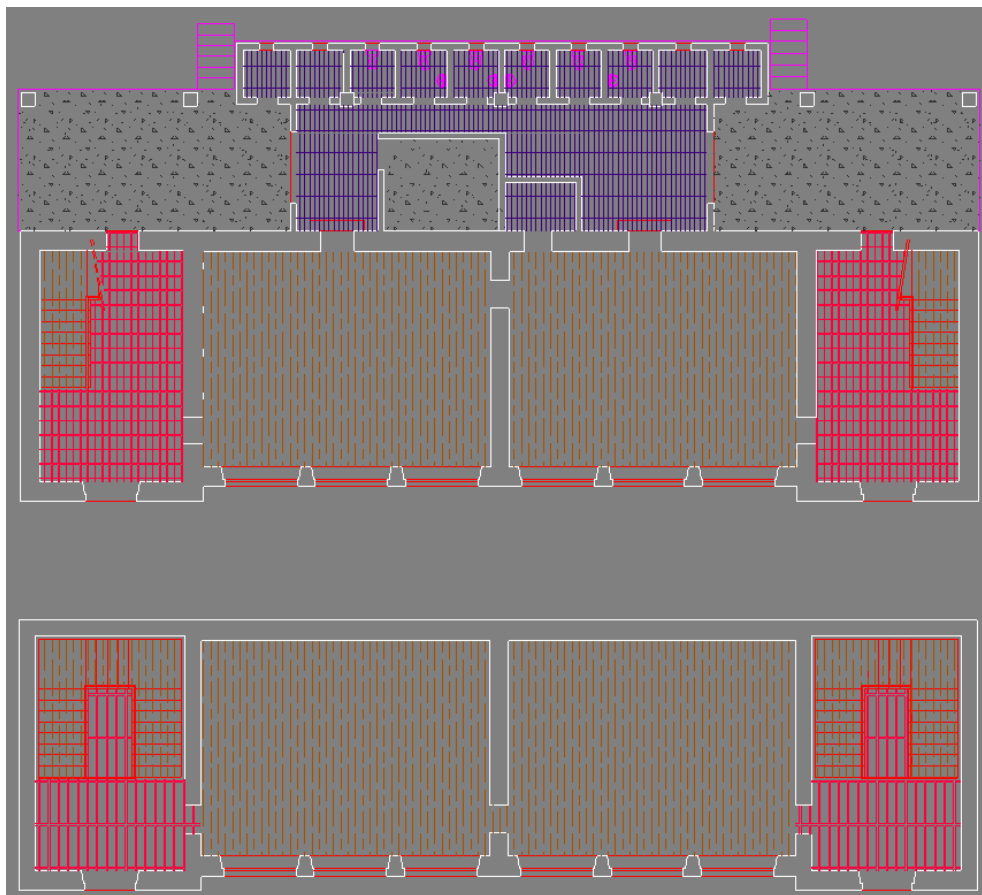
196



Alçado Noroeste

## CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE REVESTIMENTO DOS PAVIMENTOS

197



Piso flutuante de madeira



Mosaico "tipo 1"



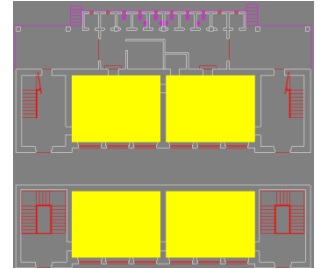
Mosaico "tipo 2"



Betoniha

## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

- 1 – Fissuração de paredes
- 2 – Humidades nas paredes da fachada principal
- 3 – Humidades nas paredes interiores



1



2



3

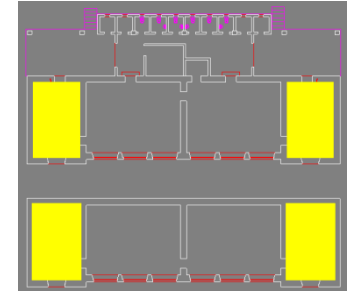


## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

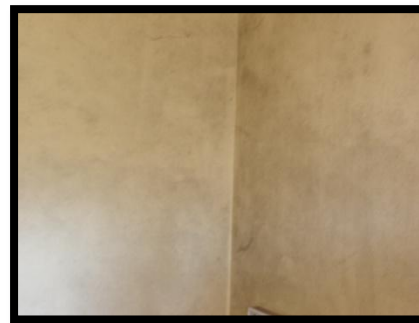
4 – Humidades nas juntas tecto/paredes

5 – Humidades nas paredes

6 – Destacamento de tinta



4



5

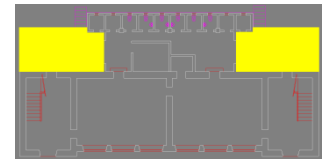


6

***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

7 – Destacamento de tinta

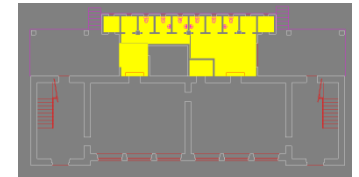
8 – Colonização biológica



7

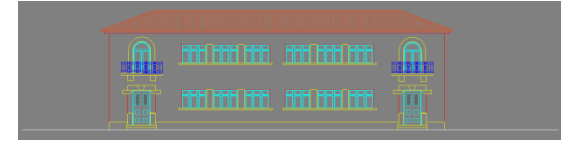


8



### ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

Sem patologias a registrar



***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

9 – Destacamento de tinta

10 – Ninho e outras sujidades

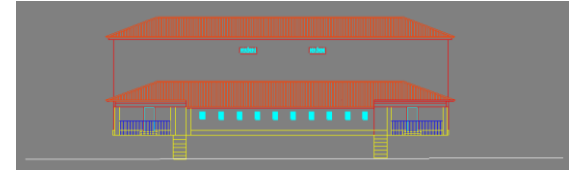
202



9



10



***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

203

Sem patologias a registrar

21. Tipo de aquecimento utilizado:

21.1. Utilização de aquecedores elétricos? Não

21.2. Caldeira:

21.2.1. Horário de funcionamento: 8.00h – 17.00h (total de 9 horas)

21.2.2. Funciona a: gasóleo

22. Envidraçados:

22.1. Tipo: Duplos com caixilharia em alumínio

22.2. Estado de conservação: Bom

22.3. Normalmente abertos? Sim (no final do dia)

23. Estores:

23.1. Estado de conservação: Razoável

23.2. Muito ou pouco afastados? Pouco

24. Portas:

24.1. Exteriores:

24.1.1. Tipo: madeira com vidros simples

24.1.2. Estado de Conservação: Bom

24.1.3. Normalmente abertas? Sim

24.2. Interiores:

24.2.1. Tipo: Madeira

24.2.2. Estado de Conservação: Razoável

24.2.3. Normalmente abertas? Sim

Nota: Existência de um cilindro de 15/20l de capacidade para aquecimento de água.

# INQUÉRITO DE CONFORTO

	1 (Pobre)	2 (Medíocre)	3 (Insuficiente)	4 (Bom)	5 (Excelente)
Sente-se confortável no edifício escolar, quando tem que passar longos períodos de tempo?				X	
Considera que o edifício tem boa acessibilidade a todas as divisões?				X	
Considera os acessos às casas-de-banho adequados?			X		
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) estão bem iluminadas?				X	
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) têm iluminação natural suficiente?				X	
As salas de aula estão bem iluminadas?				X	
As salas de aulas têm iluminação natural suficiente?				X	
As casas-de-banho estão bem iluminadas?			X		
As casas-de-banho têm iluminação natural suficiente?			X		
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante o Inverno?				X	
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante a Primavera?				X	
Como avalia a acústica das salas de aula?			X		
O ruído exterior influencia negativamente a aula?			X		
O ruído entre salas influencia negativamente a aula?			X		

As salas de aula têm muito eco?			X		
Sente necessidade de recorrer a sistemas de aquecimento térmico no Inverno?				X	
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Inverno?				X	
Sente necessidade de recorrer a sistemas de arrefecimento térmico na Primavera?			X		
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Primavera?				X	
Como avalia o estado dos estores?				X	
Considera suficientes e eficazes os estores existentes?				X	
Tendo em conta o número de alunos considera a área das salas de aula suficiente?			X		
Tendo em conta o número total de utilizadores do edifício escolar considera as áreas dos espaços comuns suficientes?			X		
Considera suficientes os espaços sociais abrigados dos agentes atmosféricos existentes?		X			
Considera que o ambiente interno promove a sensação de bem-estar e de motivação aos estudantes, pessoal docente e não docente?				X	
Considera que as entradas do edifício escolar são acolhedoras, bem localizadas e permitem a vigilância passiva?			X		
Considera que existem condições para segurança passiva por toda a escola?			X		
O edifício escolar funciona satisfatoriamente na sua lotação máxima?			X		
Considera agradável trabalhar, comer, aprender, brincar, ensinar e socializar na escola?				X	



Características do aquecimento:

9. Caldeira

9.1. ROCA

9.2. Gasto: 1,3 : 5kg/h

9.3. Potência: 180W

9.4. Tensão: 230V

9.5. CRONO 5-L

9.6. Dimensão: 234x254x282mm

9.7. Pe: 9kg

Pela Portaria nº 464/03 de 6 de Junho: 1000l = 835 kg

Cálculo de consumo mínimo de gasóleo:

Então, 1,3kg/h = 1,56l/h = 2l/h

Como a caldeira é usada durante 9h/dia, então diariamente são gastos 18l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 360l.

Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 468 euros.

Cálculo de consumo máximo de gasóleo:

Então, 5kg/h = 5,99l/h = 6 l/h

Como a caldeira é usada durante 9h/dia, então diariamente são gastos 54l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 1080l.

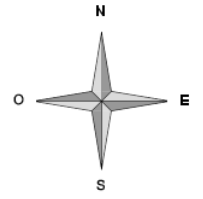
Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 1404 euros.

# ***RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO***

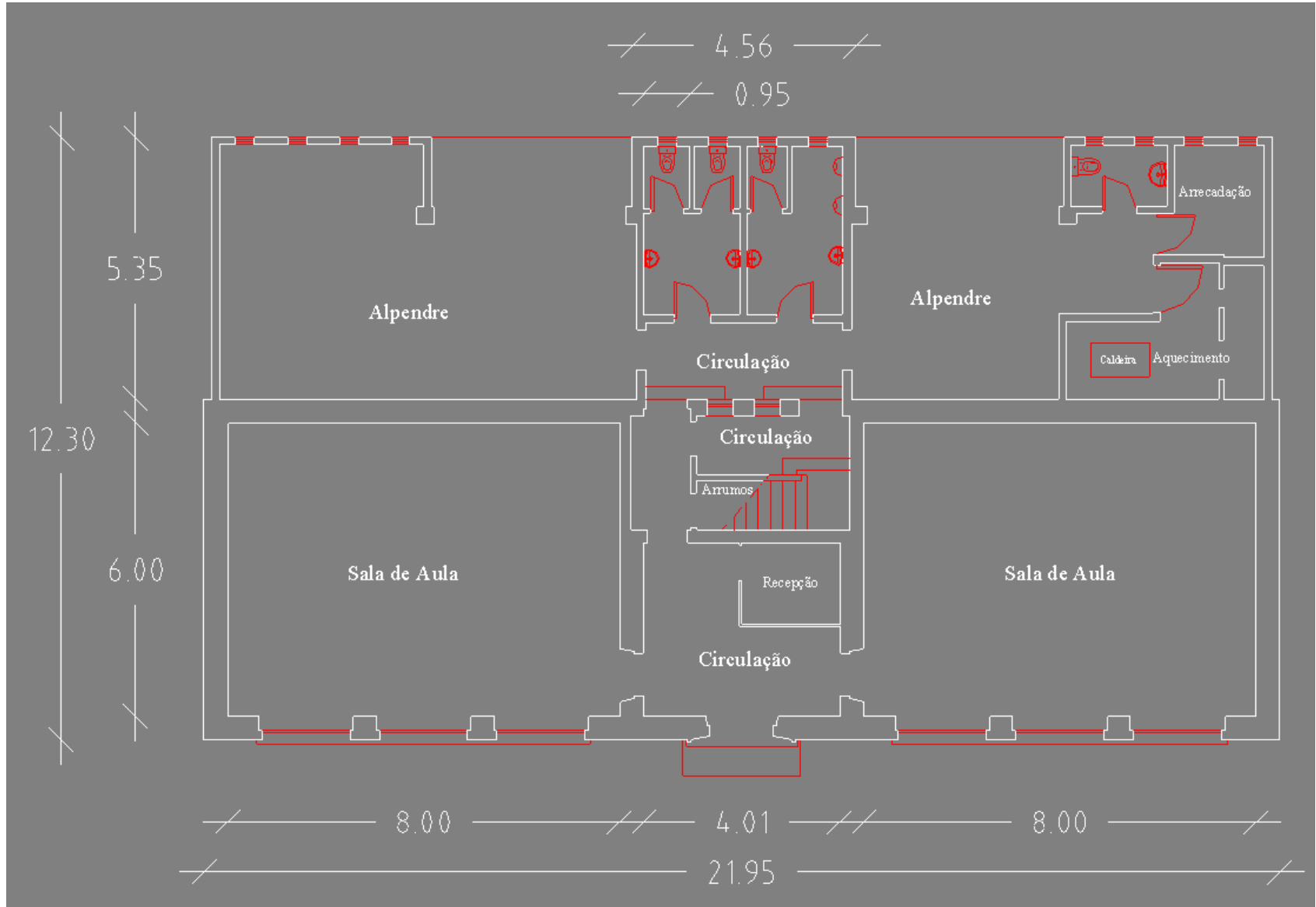


***ESCOLA DO 1º CICLO DE S. PAIO***

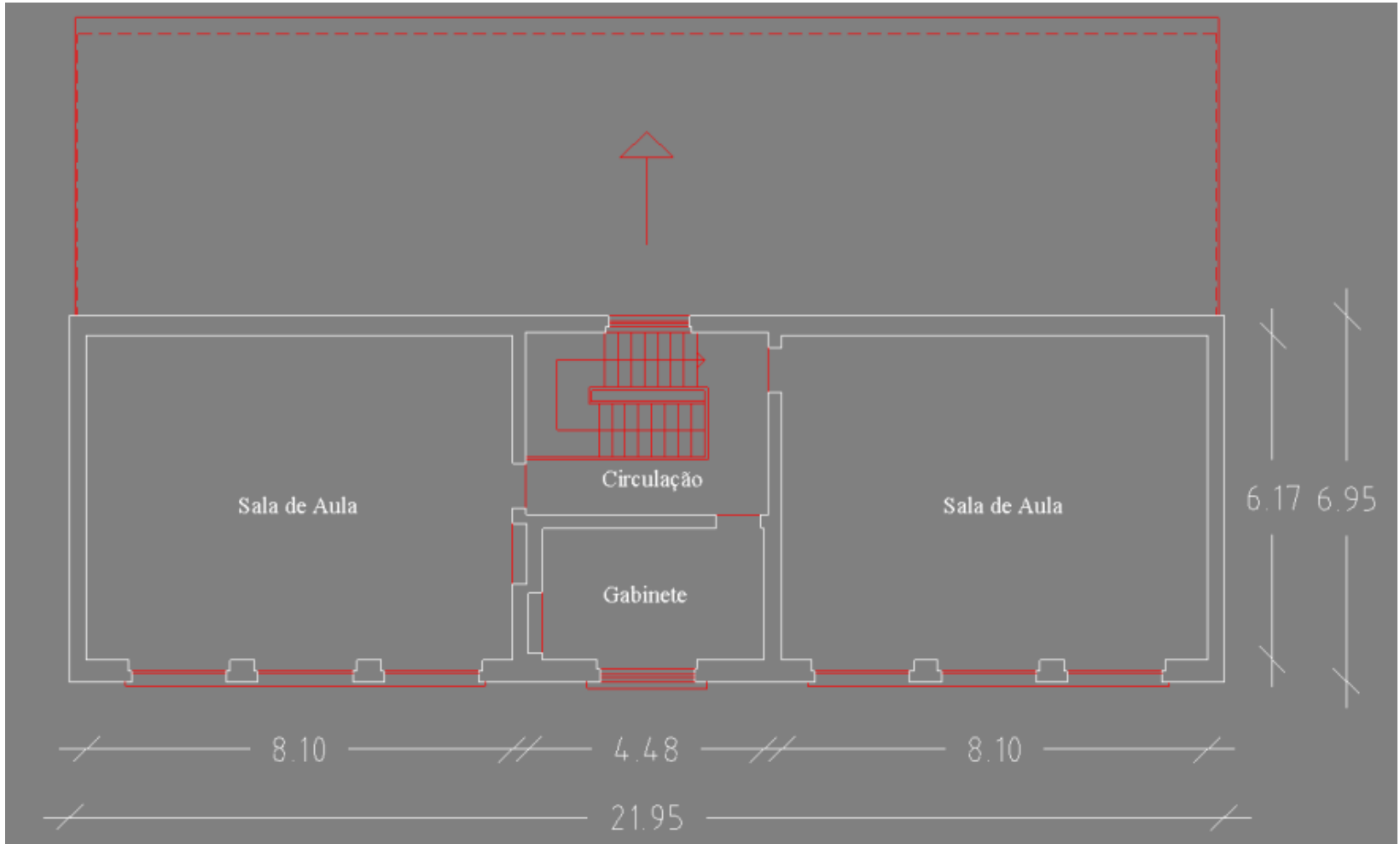
*PLANTAS*



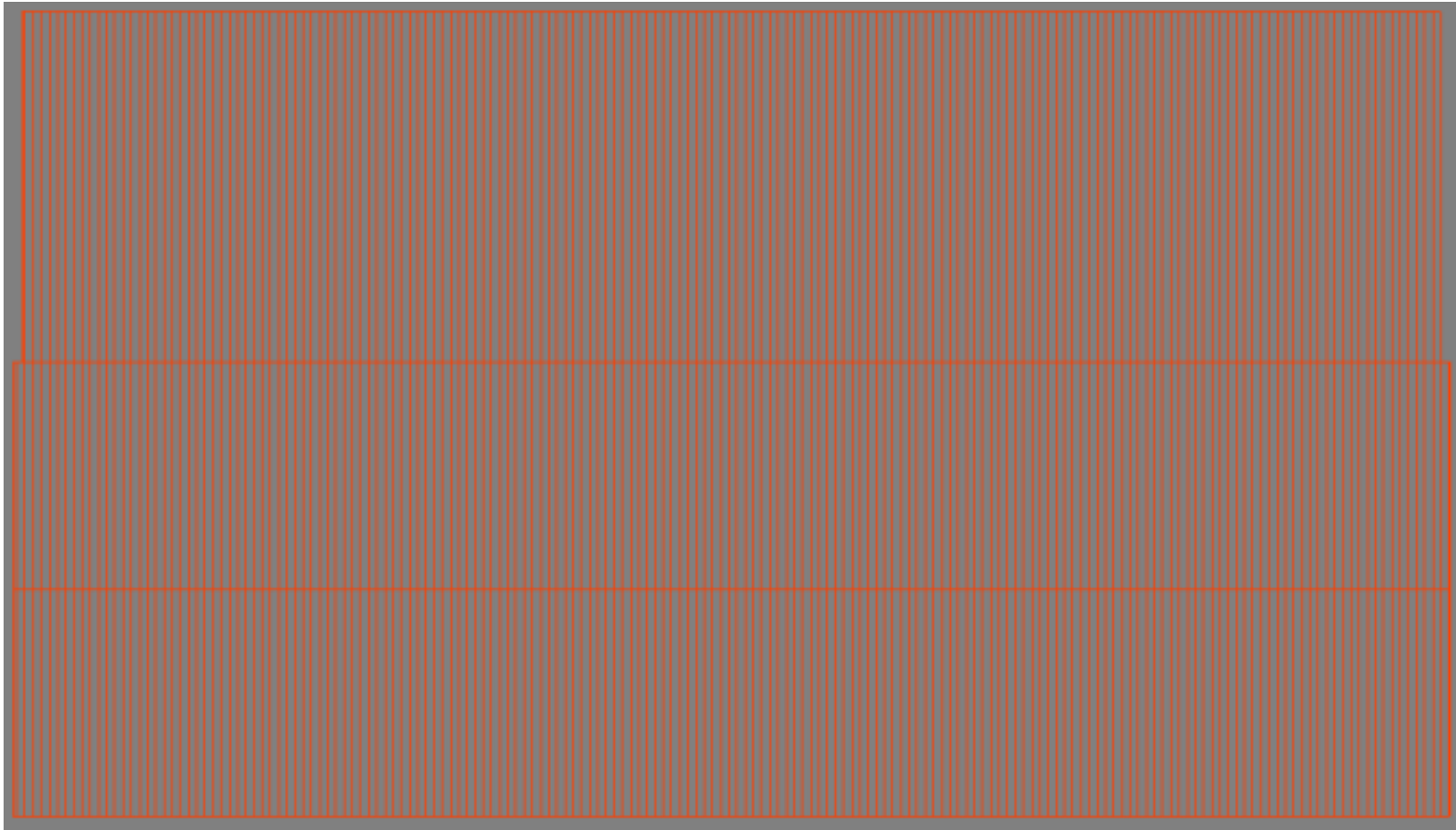
Planta de localização



Rés-do-chão

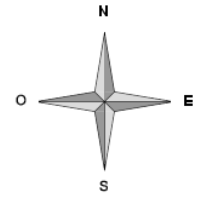


1º Andar

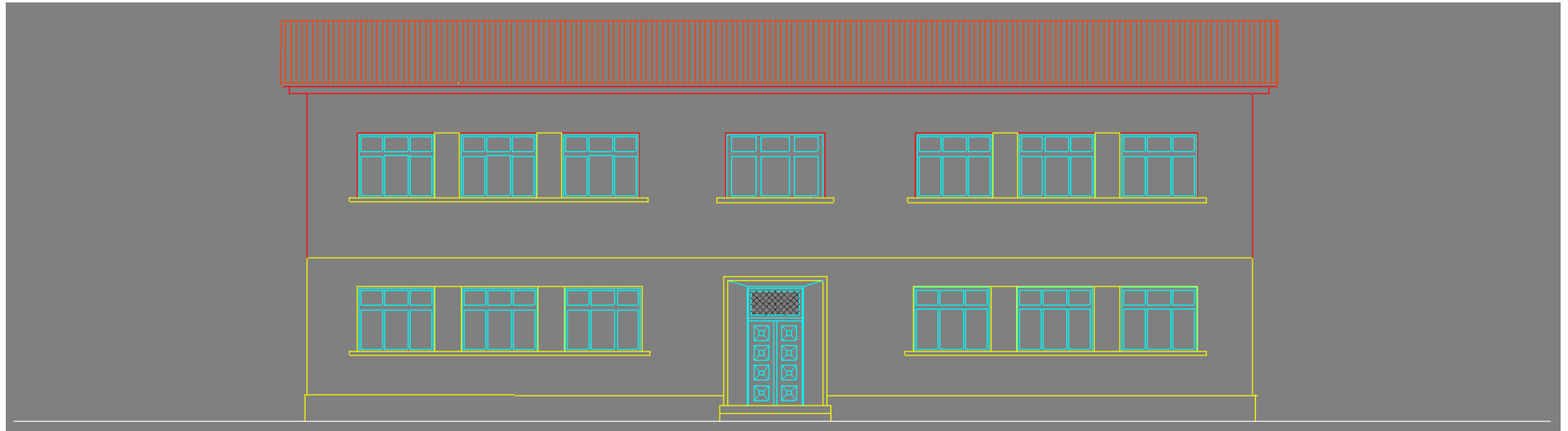


Planta da cobertura

*ALÇADOS*

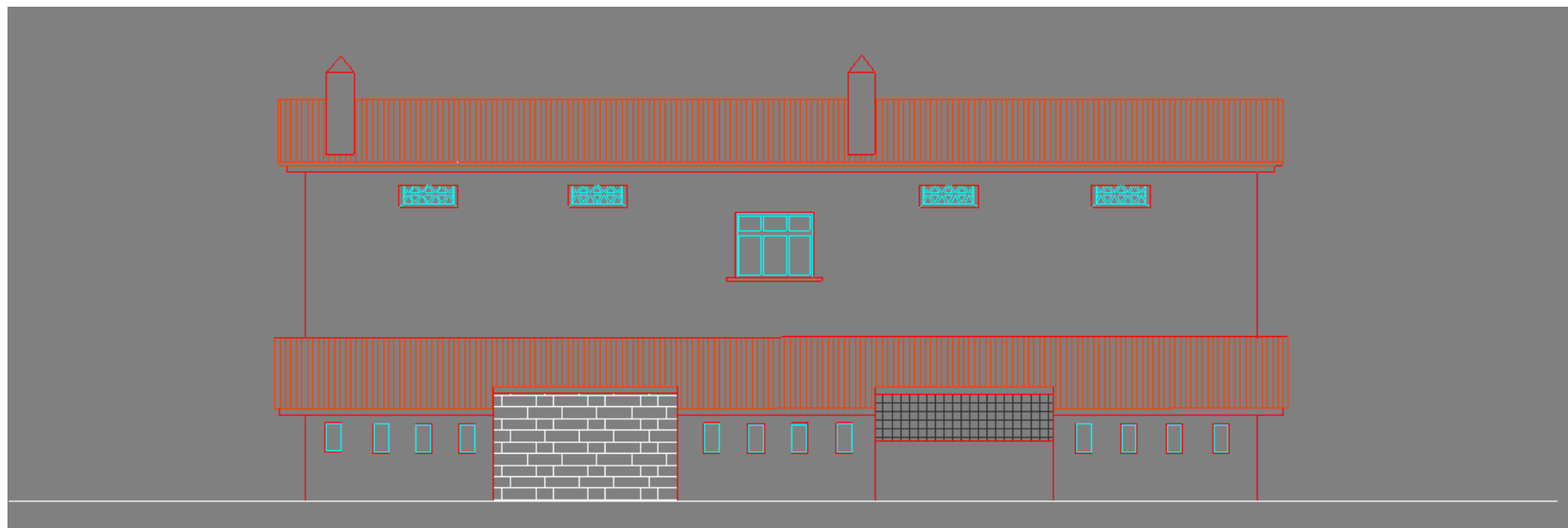
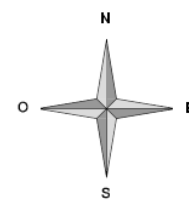


214



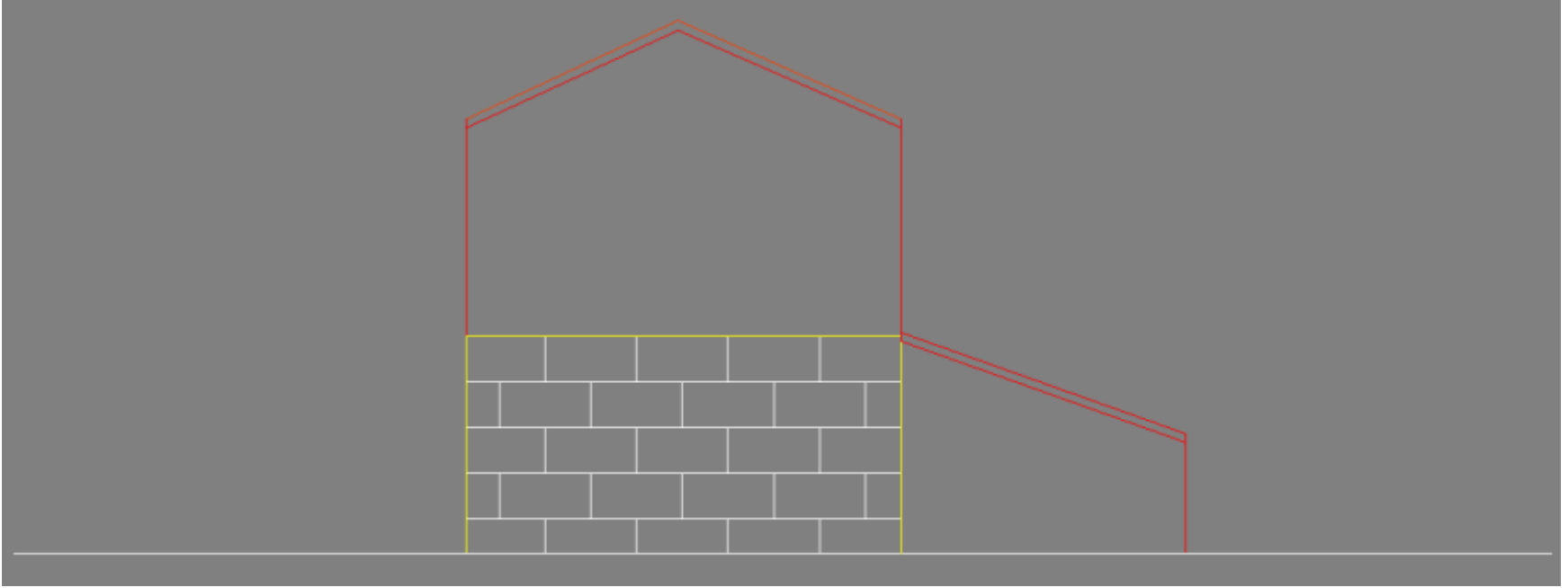
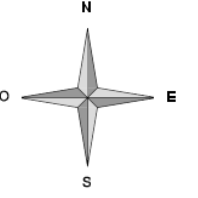
Alçado Sudeste





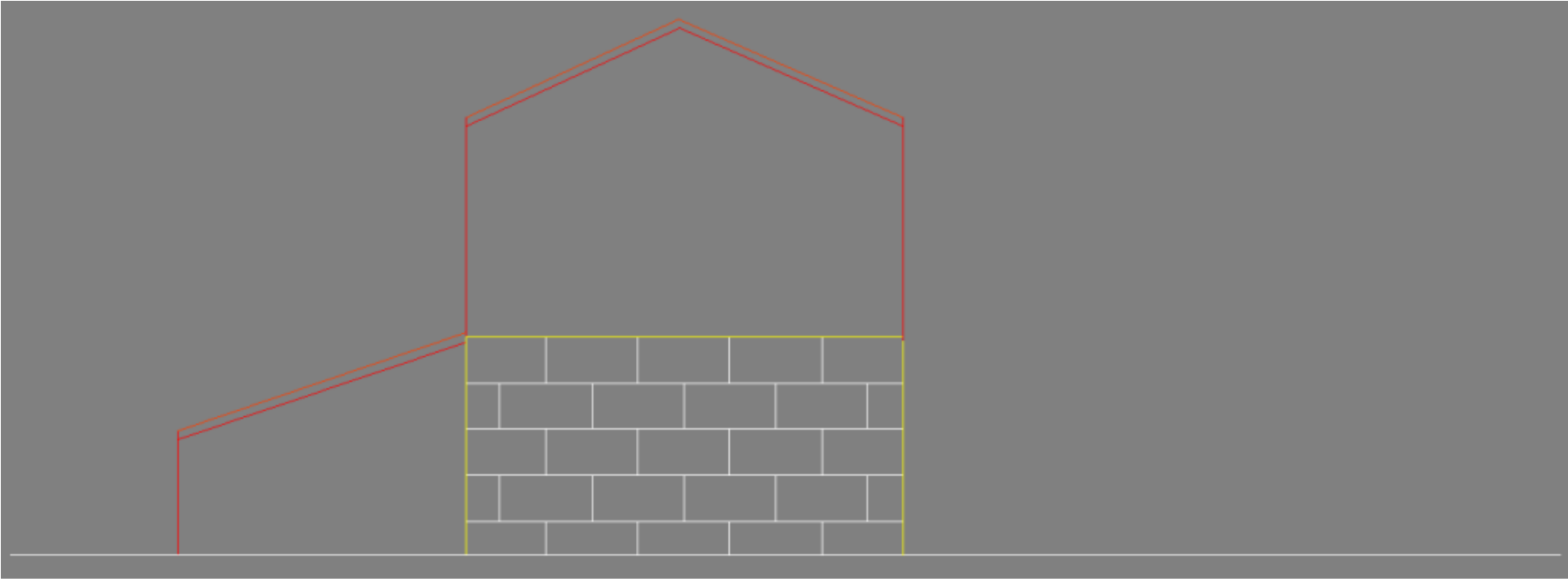
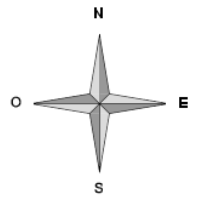
215

Alçado Noroeste



216

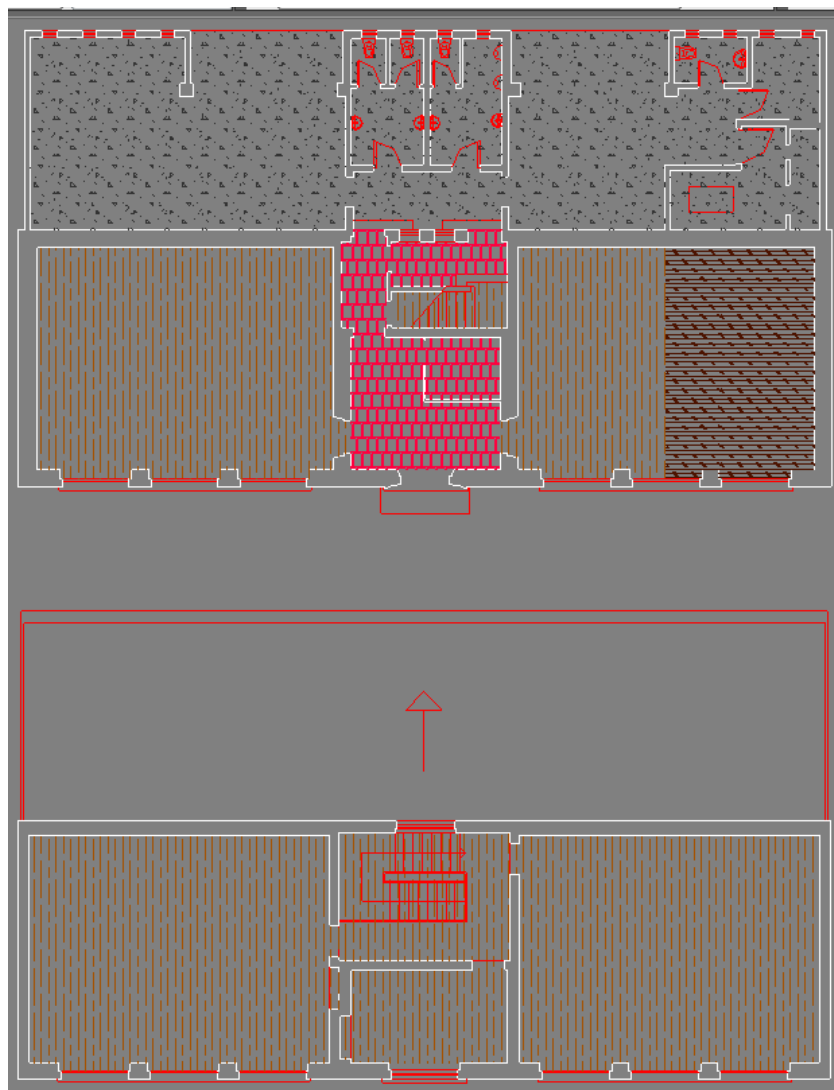
Alçado Nordeste



217

Alçado Sudoeste

## CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE REVESTIMENTO DOS PAVIMENTOS



Piso flutuante de madeira



Mosaico "tipo 1"

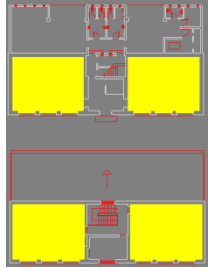


Linóleo



Betonilha

## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS/ANOMALIAS***



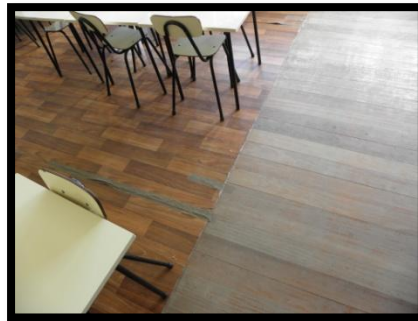
1 – Fios eléctricos soltos junto aos rodapés

2 – Linóleo preso com fita-cola

3 – Humidades



1



2



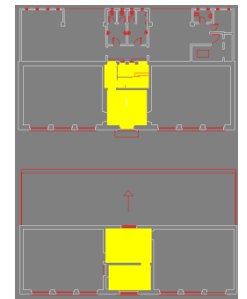
3

## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

4 – Infiltração

5 – Fissuração

6 – Humidades



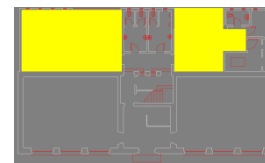
4



5



6



## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

7 – Colonização biológica

8 – Humidade ascensional

221

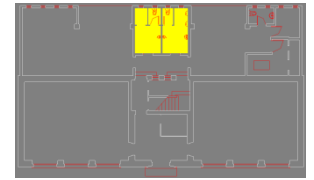


7



8

***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***



9 – Filmes negros



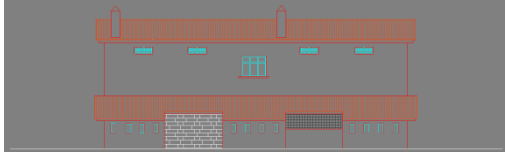
9





## ***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

Sem patologias a registrar



***LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS***

10 – Humidade ascensional



10

25. Tipo de aquecimento utilizado:

25.1. Utilização de aquecedores elétricos? Não

25.2. Caldeira:

25.2.1. Horário de funcionamento: 8.30h – 16.30h (total de 8 horas)

25.2.2. Funciona a: gasóleo

26. Envidraçados:

26.1. Tipo: Duplos com caixilharia em alumínio

26.2. Estado de conservação: Bom

26.3. Normalmente abertos? Não

27. Estores:

27.1. Estado de conservação: Razoável

27.2. Muito ou pouco afastados? Pouco

28. Portas:

28.1. Exteriores:

28.1.1. Tipo: madeira com vidros simples

28.1.2. Estado de Conservação: Bom

28.1.3. Normalmente abertas? Sim

28.2. Interiores:

28.2.1. Tipo: Madeira

28.2.2. Estado de Conservação: Bom

28.2.3. Normalmente abertas? Não

Notas: Sala-de-aula usada também como cantina e com um cilindro para aquecimento de água.

# INQUÉRITO DE CONFORTO

	1 (Pobre)	2 (Medíocre)	3 (Insuficiente)	4 (Bom)	5 (Excelente)
Sente-se confortável no edifício escolar, quando tem que passar longos períodos de tempo?				X	
Considera que o edifício tem boa acessibilidade a todas as divisões?			X		
Considera os acessos às casas-de-banho adequados?			X		
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) estão bem iluminadas?			X		
As áreas comuns (corredores, halls, caixas de escadas) têm iluminação natural suficiente?			X		
As salas de aula estão bem iluminadas?				X	
As salas de aulas têm iluminação natural suficiente?				X	
As casas-de-banho estão bem iluminadas?				X	
As casas-de-banho têm iluminação natural suficiente?				X	
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante o Inverno?			X		
Como avalia o “ar respirado” dentro das salas de aula durante a Primavera?		X			
Como avalia a acústica das salas de aula?				X	
O ruído exterior influencia negativamente a aula?		X			
O ruído entre salas influencia negativamente a aula?		X			

As salas de aula têm muito eco?				X	
Sente necessidade de recorrer a sistemas de aquecimento térmico no Inverno?				X	
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Inverno?			X		
Sente necessidade de recorrer a sistemas de arrefecimento térmico na Primavera?	X				
Como avalia o sistema de aquecimento térmico utilizado no Primavera?			X		
Como avalia o estado dos estores?			X		
Considera suficientes e eficazes os estores existentes?			X		
Tendo em conta o número de alunos considera a área das salas de aula suficiente?				X	
Tendo em conta o número total de utilizadores do edifício escolar considera as áreas dos espaços comuns suficientes?				X	
Considera suficientes os espaços sociais abrigados dos agentes atmosféricos existentes?		X			
Considera que o ambiente interno promove a sensação de bem-estar e de motivação aos estudantes, pessoal docente e não docente?					X
Considera que as entradas do edifício escolar são acolhedoras, bem localizadas e permitem a vigilância passiva?			X		
Considera que existem condições para segurança passiva por toda a escola?	X				
O edifício escolar funciona satisfatoriamente na sua lotação máxima?				X	
Considera agradável trabalhar, comer, aprender, brincar, ensinar e socializar na escola?				X	

Características do aquecimento:

10. Caldeira

- 10.1. ROCA
- 10.2. Gasto: 4 : 10kg/h
- 10.3. Potência: 47:119 kW
- 10.4. Viscosidade máxima: 5,5 CGT 37,8°C
- 10.5. Consumo: 0,18 kW
- 10.6. Pressão: 1:0,1 mbar
- 10.7. Tensão: 230V
- 10.8. CRONO 10-L
- 10.9. Dimensão: 255x280x282mm
- 10.10. Pe: 9kg

Pela Portaria nº 464/03 de 6 de Junho: 1000l = 835 kg

Cálculo de consumo mínimo de gasóleo:

Então, 4kg/h = 4,79l/h = 5l/h

Como a caldeira é usada durante 8h/dia, então diariamente são gastos 40l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 800l.

Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 1040 euros.

Cálculo de consumo máximo de gasóleo:

Então,  $10\text{kg/h} = 11,98\text{l/h} = 12\text{l/h}$

Como a caldeira é usada durante 8h/dia, então diariamente são gastos 96l de gasóleo.

Uma vez que a escola está aberta 5 dias por semana, ao final de um mês são gastos em média 1920l.

Deste modo, tendo por base um preço de 1,30euros/l obtem-se uma fatura mensal de 2496 euros.