



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
Curso de Arquitetura e Urbanismo



SAMIRA IMACULADA CORRÊA MAGALHÃES

**SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA ADAPTAÇÕES
FRENTE À CRISE CLIMÁTICA:
ESTUDO DE CASO NA ESCOLA MUNICIPAL PROFESSORA
JUVENTINA DRUMMOND**

OURO PRETO- MG
2025

SAMIRA IMACULADA CORRÊA MAGALHÃES

**SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA ADAPTAÇÕES
FRENTE À CRISE CLIMÁTICA:
ESTUDO DE CASO NA ESCOLA MUNICIPAL PROFESSORA
JUVENTINA DRUMMOND**

Monografia apresentada ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo, sob orientação do Prof. Maurício Leonard de Souza.

OURO PRETO- MG

2025



FOLHA DE APROVAÇÃO

Samira Imaculada Corrêa Magalhães

**Soluções Baseadas na Natureza para Adaptações Frente à Crise Climática:
Estudo de Caso na Escola Municipal Professora Juventina Drummond**

Monografia apresentada ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo

Aprovada em 05 de Setembro de 2025

Membros da banca

Mestre - Maurício Leonard de Souza - Orientador Universidade Federal de Ouro Preto
Mestre - Marcela Rosenberg - Universidade Federal de Minas Gerais
Doutora - Sandra Maria Nogueira - Universidade Federal de Ouro Preto

Maurício Leonard de Souza, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 01/10/2025



Documento assinado eletronicamente por **Maurício Leonard de Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/10/2025, às 17:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0988306** e o código CRC **51172158**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço às forças divinas por guiarem meus passos. Aos meus avós, pela base sólida e amor incondicional. Minha mãe, pelo cuidado. Meus irmãos, por serem meu ponto de apoio nos percalços do caminho. A toda minha família pelo apoio nesta e em outras jornadas. Aos amigos que seguem vibrando todas as minhas conquistas. Ao meu professor orientador Maurício Leonard de Souza e a professora Alice Viana por me conduzirem ao longo do Trabalho de Conclusão de Curso. A Escola Municipal Professora Juventina Drummond, pela colaboração durante o desenvolvimento deste trabalho. Por fim, à Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) pelo ensino gratuito e de qualidade.

“O mundo tornou-se perigoso, porque os homens aprenderam a dominar a natureza antes de dominarem a si mesmos.”

Albert Schweitzer

RESUMO

A crise climática apresenta desafios para o modelo urbano das cidades, bem como para as construções existentes, exigindo soluções inovadoras e sustentáveis para aumentar a resiliência e a adaptabilidade das edificações. Nesta dinâmica, as Soluções Baseadas na Natureza (SBN) surgem como uma abordagem promissora, integrando estratégias ecológicas ao planejamento urbano e possibilitando alternativas para a adaptação climática de modo acessível e resiliente. Esta pesquisa investiga a aplicação de Soluções Baseadas na Natureza como meio de adaptação para a Escola Municipal Professora Juventina Drummond em Ouro Preto - Minas Gerais às mudanças climáticas, com enfoque na implementação de elementos naturais no ambiente escolar, visando proporcionar o conforto térmico. Além disso, considera-se também a interseção entre raça, classe e meio ambiente, destacando como populações historicamente marginalizadas são mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas e à precariedade das infraestruturas urbanas. Por meio de um estudo de caso, este trabalho explora os benefícios e desafios da implementação das Soluções Baseadas na Natureza, enfatizando seu potencial para a criação de espaços educacionais mais sustentáveis, inclusivos e resilientes.

Palavras-Chave: Conforto Térmico. Crise climática. Soluções Baseadas na Natureza. Adaptação Climática. Infraestrutura Escolar. Resiliência. Inclusão.

ABSTRACT

The climate crisis presents challenges to the urban model of cities, as well as to existing buildings, requiring innovative and sustainable solutions to increase the resilience and adaptability of buildings. Nature-Based Solutions (NBS) emerge as a promising approach, integrating ecological strategies into urban planning and enabling alternatives for climate adaptation in an accessible and resilient way. This research investigates the application of Nature-Based Solutions as a means of adapting the Escola Municipal Professora Juventina Drummond in Ouro Preto - Minas Gerais to climate change, focusing on the implementation of natural elements in the school environment, aiming to provide thermal comfort. In addition, the intersection between race, class and environment is also considered, highlighting how historically marginalized populations are more vulnerable to the impacts of climate change and the precariousness of urban infrastructures. Through a case study, this work explores the benefits and challenges of implementing Nature-Based Solutions, emphasizing their potential for creating more sustainable, inclusive and resilient educational spaces.

Keywords: Thermal Comfort. Climate Crisis. Nature-Based Solutions. Climate Adaptation. School Infrastructure. Resilience. Inclusion.

LISTA DE FIGURAS

Imagem 1. Número de eventos extremos da natureza anual	13
Imagem 2. Eventos extremos por tipos - Brasil	13
Imagem 3. Impactos dos eventos da natureza na população	14
Imagem 4. População residente no Brasil (1940-2022) e Grau de Urbanização	15
Imagem 5. Ocupação das favelas e comunidades urbanas	16
Imagens 6,7 e 8. Quantidade de alunos matriculados em escolas mais quentes do que a temperatura média da capital	18
Imagem 9. Localização da cidade de Ouro Preto, em Minas Gerais, Brasil	19
Imagem 10. Escola Municipal Professora Juventina Drummond, Ouro Preto-MG	20
Imagem 11. Mapa de zoneamento da cidade de Ouro Preto-MG	21
Imagem 12. Zoneamento bioclimático brasileiro	22
Imagem 13. Variação de temperatura da cidade de Ouro Branco-MG	23
Imagem 14. Velocidade dos ventos na cidade de Ouro Branco-MG	23
Imagem 15. Gráfico 3D com temperatura de bulbo seco da cidade de Ouro Branco-MG	24
Imagem 16. Vista lateral 1- Escola Municipal Professora Juventina Drummond, Ouro Preto-MG	25
Imagem 17. Vista Lateral 2- Escola Municipal Professora Juventina Drummond, Ouro Preto-MG	25
Imagem 18. Vista 3- Escola Municipal Professora Juventina Drummond, Ouro Preto-MG	26
Imagem 19. Vista do morro da rua São Pedro- Escola Municipal Professora Juventina Drummond, Ouro Preto-MG	26
Imagem 20. Situação da Escola Municipal Professora Juventina Drummond	27
Imagens 21 e 22. Entorno da Escola Municipal Professora Juventina Drummond	27
Imagem 23. Implantação da Escola Municipal Professora Juventina Drummond	29
Imagem 24. Corte AA da Escola Municipal Professora Juventina Drummond	30
Imagem 25. Corte BB da Escola Municipal Professora Juventina Drummond	30
Imagem 26. Modelagem 3D da Escola Municipal Professora Juventina Drummond	

Imagens 27,27 e 29. Estrutura da escola, com pilares de concreto armado, vedações de tijolo cerâmico e cobertura de telhado cerâmico	34
Imagens 30,31 e 32. Toldo de policarbonato, pátio de concreto, porta de madeira com acabamento em tinta acrílica azul	34
Imagens 33,34 e 35. Esquadria em vidro e metal com acabamento em tinta acrílica azul, vedações com acabamento em tinta acrílica branca e cinza, escada com acabamento em tinta cinza	35
Imagem 36 .Influência do calor nas atividades escolares	36
Imagem 37. Influência do frio nas atividades escolares	37
Imagem 38. Influência do calor no rendimento escolar	37
Imagem 39. Presença de locais para refúgio térmico na escola	38
Imagem 40. Sensação térmica da escola em dias de frio intenso	39
Imagem 41. Solstício de verão às 06:20 a.m.	41
Imagem 42. Solstício de verão às 12:00 p.m.	42
Imagem 43. Solstício de verão às 17:40 p.m.	42
Imagem 44. Solstício de inverno às 07:20 a.m.	44
Imagem 45. Solstício de inverno às 12:00 p.m.	45
Imagem 46. Solstício de inverno às 16:30 p.m.	45
Imagem 47. Direção dos ventos dominantes na volumetria da edificação	46
Imagem 48. Setorização dos níveis	48
Imagem 49. Diagrama térmico do nível 1- Solstício de verão	49
Imagem 50. Diagrama térmico do nível 1- Solstício de inverno	49
Imagem 51. Diagrama de ventilação - Nível 1	50
Imagem 52. Diagrama térmico do nível 2- Solstício de verão	51
Imagem 53. Diagrama térmico do nível 2- Solstício de inverno	52
Imagem 54. Diagrama de ventilação - Nível 2	53
Imagem 55. Diagrama térmico do nível 3- Solstício de verão	54
Imagem 56. Diagrama térmico do nível 3- Solstício de inverno	54
Imagem 57. Diagrama de ventilação - Nível 3	55
Imagem 58. Diagrama térmico do nível 4- Solstício de verão	56
Imagem 59. Diagrama térmico do nível 4- Solstício de inverno	57
Imagem 60. Diagrama de ventilação - Nível 4	57
Imagem 61. Diagrama térmico do nível 5- Solstício de verão	59
Imagem 62. Diagrama térmico do nível 5- Solstício de inverno	60

Imagem 63. Diagrama de ventilação - Nível 5	61
Imagem 64. Diagrama térmico do níveis 6 e 7- Solstício de verão	62
Imagem 65. Diagrama térmico do níveis 6 e 7- Solstício de inverno	63
Imagem 66. Diagrama de ventilação - Níveis 6 e 7	63
Imagens 67, 68 e 69. Área permeável da Escola Municipal Professora Juventina Drummond	64
Imagem 70. Diagrama de ventilação com novas esquadrias- Nível 1	68
Imagem 71. Visão axonométrica da da ventilação cruzada na sala dos professores com novas esquadrias	69
Imagem 72. Fachada do nível 1 após abertura de esquadrias	69
Imagem 73. Diagrama de ventilação com novas esquadrias- Nível 2	71
Imagem 74. Perspectiva do fluxo dos ventos na sala 04 com novas esquadrias	72
Imagem 75. Fachada do nível 2 após abertura de esquadrias	72
Imagem 76. Diagrama de ventilação com novas esquadrias- Nível 3	74
Imagem 77. Perspectiva do fluxo dos ventos na sala 06 com novas esquadrias	75
Imagem 78. Fachada do nível 3 após abertura de esquadrias	76
Imagem 79. Planta baixa da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento natural na quadra	78
Imagem 80. Perspectiva da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento natural	78
Imagem 81. Perspectiva do pátio com nova vegetação e mobiliário	79
Imagem 82. Perspectiva do pátio com nova vegetação e mobiliário 2	79
Imagem 83. Diagrama de ventilação com novas esquadrias- Nível 5	81
Imagem 84. Perspectiva do fluxo dos ventos na cozinha com novas esquadrias	82
Imagem 85. Perspectiva da fachada lateral da cozinha	83
Imagem 86. Parede de cobogó proposta para o nível 5	84
Imagem 87. Planta baixa da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento natural no palco	86
Imagem 88. Perspectiva da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento natural no palco	86
Imagem 89. Perspectiva do palco com nova vegetação	87
Imagem 90. Capela de Santana, localizada no Bairro Morro Santana. Ao fundo, a Escola Municipal Professora Juventina Drummond	88
Imagem 91. Esquema de planta baixa referenciado pelo FNDE	89

Imagem 92. Esquema de planta de cobertura referenciado pelo FNDE	90
Imagem 93. Esquema de corte da cobertura proposta referenciado pelo FNDE	91
Imagem 94. Planta baixa da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento nos ambientes externos	92
Imagem 95. Perspectiva da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento nos ambientes externos	92
Imagem 96. Perspectiva da quadra com nova cobertura.	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades físicas dos materiais presentes na estrutura da Escola.	32
Tabela 2. Cálculo de novas esquadrias para o Nível 1	67
Tabela 3. Cálculo de novas esquadrias para o Nível 2	70
Tabela 4. Cálculo de novas esquadrias para o Nível 3	73
Tabela 5. Espécies escolhidas para sombreamento natural no pátio da escola.	77
Tabela 6. Área de esquadria existente, e área de nova parede em cobogó proposta no nível 5	82
Tabela 7. Espécies escolhidas para sombreamento natural no palco da escola.	85
Tabela 8. Especificações da cobertura proposta para quadra esportiva	89

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	08
1.1 JUSTIFICATIVA	08
1.2 OBJETIVO GERAL	10
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.4 METODOLOGIA	11
2. A CRISE CLIMÁTICA ATUAL: CONTEXTO, DESAFIOS E RELAÇÃO COM A ARQUITETURA DAS CIDADES	12
3. DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DA INFRAESTRUTURA ESCOLAR	19
3.1 OBJETO DE ESTUDO: ESTUDO GEOGRÁFICO E SETORIZAÇÃO DA ESCOLA	19
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	32
3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS QUALITATIVOS	35
3.4 ANÁLISE DE INSOLAÇÃO E VENTILAÇÃO	39
3.4.1 SOLSTÍCIO DE VERÃO	40
3.4.2 SOLSTÍCIO DE INVERNO	43
3.4.3 ANÁLISE DE VENTILAÇÃO	46
3.4.4 DIAGRAMAS TÉRMICOS E DIAGRAMAS DE VENTILAÇÃO	47
4. PROPOSTA DE ADAPTAÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA A ESCOLA	65
4.1 SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA	65
4.2 DIRETRIZES DE INTERVENÇÃO NA EDIFICAÇÃO	65
4.2.1 NÍVEL 1	66
4.2.2 NÍVEL 2	70
4.2.3 NÍVEL 3	72
4.2.4 NÍVEL 4	76
4.2.5 NÍVEL 5	80
4.2.6 NÍVEIS 6 E 7	84
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A crise climática, caracterizada pelo aumento das temperaturas globais, a intensificação de eventos climáticos extremos e os desequilíbrios nos ecossistemas, é um dos maiores desafios do século XXI. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023) as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC's) assumidas pelos países signatários do Acordo de Paris¹ (2015), previam a implementação de medidas para limitar o aumento da temperatura global a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais no ato de sua conciliação. Posteriormente, no ano de 2024 a Organização Meteorológica Mundial (OMM) registrou o aumento da temperatura média global em 1,55°C (Nullis, 2024), indicando um valor maior do que o previsto inicialmente pelo Acordo de Paris. Com isso, confrontamos um desafio cada vez maior em conter os eventos climáticos extremos e suas consequências ao meio, fator que aumenta a frequência e a intensidade de eventos extremos e desastres naturais.

As mudanças climáticas e os eventos extremos têm entre seus principais agravantes um modelo de ocupação urbana acelerada e desplanejada, marcada por uso indevido do solo, má gestão de resíduos e emissão de gases poluentes. De acordo com o censo do IBGE (2022), nas últimas seis décadas alcançou-se um número de 87,41% da população brasileira habitando áreas urbanas, e a tendência é que o percentual atinja 90% até o ano de 2030. Além disso, no decorrer dessa dinâmica ocupacional, tomou-se como referência um modelo de construção civil sem consciência ecológica que gerou danos ambientais irreparáveis ao meio ambiente, marcado por uma cadeia de produção construtiva que utiliza indiscriminadamente matéria-prima não renovável, consome elevada quantidade de energia e contribui para geração de resíduos e gases poluentes (Roth et.al, 2009). Dessa forma, o modelo de ocupação do espaço urbano e as práticas construtivas adotadas têm intensificado drasticamente os impactos ambientais.

¹O Acordo de Paris, adotado em 2015 durante a 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP 21), conta com a adesão de 195 países signatários e tem como objetivo principal o combate às mudanças climáticas por meio da redução da emissão de gases de efeito estufa. O Brasil está entre os países que ratificaram o acordo, comprometendo-se a implementar medidas para a mitigação dos impactos ambientais e a transição para uma economia de baixo carbono.

Nas cidades, que contemporaneamente abrigam maior parte da população mundial (UN-Habitat 2008), as consequências das mudanças climáticas são especialmente perceptíveis, manifestando-se por meio de fenômenos como ilhas de calor, enchentes, inundações e degradação da qualidade do ar. O estudo “Desigualdades demográficas e sociais das mortes relacionadas ao calor em áreas urbanas brasileiras no século XXI”, por Monteiro dos Santos et al. (2024), constatou que o maior índice de mortalidade vinculada ao calor foi percebido especialmente em pessoas com baixa escolaridade, negros e pardos, reforçando a necessidade da redução das desigualdades socioeconômicas e raciais como fator crucial para atenuação das mortes ocasionadas pela crise climática.

Com isso, embora seus impactos sejam sentidos em toda a extensão urbana, a crise climática atinge de forma desproporcional as populações periféricas, que frequentemente habitam áreas mais vulneráveis, caracterizadas por infraestrutura inadequada e menor capacidade de enfrentamento aos impactos climáticos. Neste contexto, é importante observar que a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (IBGE, 2024) atesta que a vulnerabilidade socioeconômica segue afetando mais pretos e pardos no país, que representam respectivamente 35,5% e 30,8% da população que sofre com vulnerabilidade socioeconômica no Brasil, enquanto brancos representam 17,7%.

Tendo em vista a precariedade evidenciada nas periferias no tocante a esta temática, torna-se essencial a implementação de políticas públicas efetivas para mitigar os impactos da desigualdade socioambiental. De acordo com Denaldi (2022), o direito à cidade, previsto na Constituição Federal de 1988, deve promover inclusão social, sustentabilidade e diversidade, abrangendo direitos fundamentais e necessidades básicas da população como saneamento, saúde, educação e segurança. Nesse sentido, analisando sob a ótica da crise climática atual, desponta a necessidade de implementação de adaptações sustentáveis e economicamente viáveis nos espaços ocupados, mas especialmente em ambientes públicos urbanos de uso coletivo como escolas, hospitais e centros comunitários, com o intuito de mitigar os impactos da emergência climática atual, bem como garantir aspectos físicos e microclimáticos adequados a convivência humana.

Considerando a necessidade de adaptações sustentáveis na organização urbana das cidades, têm-se discutido sobre a adoção de Soluções Baseadas na Natureza (SBN), que empregam recursos naturais de baixo impacto e baixo custo, adaptação baseada em ecossistemas (AbE), redução do risco de desastres baseados nos ecossistemas (RRD-Eco), infraestrutura ecológica e natural, e ordenação holística (integrar aspectos ambientais, sociais, econômicos e culturais no desenvolvimento de soluções) ou regenerativa (restaurar e melhorar os ecossistemas e as relações sociais) do paisagismo (UICN, 2020).

De acordo com Evers et.al (2022), além de apresentar uma nova possibilidade de enfrentamento à crise climática, as Soluções Baseadas na Natureza tendem a gerar uma realidade mais resiliente a comunidades historicamente desassistidas, uma vez que algumas soluções deste viés se configuram como alternativas de baixo custo e de fácil implementação, favorecendo sua adoção em contextos de vulnerabilidade econômica e social. Sob essa perspectiva, analisa-se a viabilidade de adaptar os espaços já construídos, bem como rever o modelo construtivo do futuro.

Isto posto, este trabalho tem como finalidade discutir a importância do conforto ambiental em ambientes coletivos já construídos no contexto da crise climática, com foco na aplicação de soluções baseadas na natureza a partir da análise de estudos técnicos e da percepção dos usuários. O estudo proposto concentra-se na Escola Municipal Professora Juventina Drummond, localizada em uma área periférica da cidade de Ouro Preto, Minas Gerais, como um estudo de caso.

A partir de uma análise interdisciplinar, pretende-se propor intervenções arquitetônicas que integrem bem-estar humano, sustentabilidade ambiental e justiça social, demonstrando como as estratégias baseadas na natureza podem contribuir para a construção de espaços mais inclusivos, resilientes e adaptados às demandas climáticas e sociais contemporâneas de maneira acessível.

1.2 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar os impactos da crise climática na Escola Municipal Professora Juventina Drummond (Ouro Preto- MG) e, a partir dessa análise, propor Soluções Baseadas na Natureza (SbN), visando aumentar a eficiência e a resiliência da instituição frente aos desafios climáticos, buscando viabilizar adaptações arquitetônicas de baixo impacto, integradas ao meio natural.

1.3 Objetivos específicos

Desse objetivo geral, desdobram-se os seguintes objetivos específicos:

- entender o contexto da crise climática atual a partir de uma análise interseccional e analisar como a arquitetura e o desenho das cidades contribuem para seu agravamento;
- relacionar a infraestrutura dos edifícios públicos escolares às desigualdades socioambientais;
- analisar a infraestrutura da Escola Municipal Professora Juventina Drummond, em Ouro Preto (MG);
- propor diretrizes para adaptações arquitetônicas de baixo impacto para a Escola Municipal Professora Juventina Drummond, com base em Sistemas Baseados na Natureza.

1.4 Metodologia

Para embasamento do trabalho, a metodologia adotada baseia-se na pesquisa bibliográfica sobre a crise climática atual e sua relação com a arquitetura, com ênfase no estudo e aplicação de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) na infraestrutura da Escola Municipal Juventina Drummond (Ouro Preto-MG). Além disso, a pesquisa também será realizada por meio de pesquisa a campo, contemplando uma avaliação qualitativa do uso pós-ocupação por meio de entrevistas, questionários e observações in loco com funcionários da instituição. A escolha dessa abordagem baseia-se no fato de que esses indivíduos possuem contato diário com os espaços da escola, e portanto são capazes de apresentar percepções de desconforto térmico nos ambientes ao longo do ano. A partir dos

resultados obtidos serão elaboradas propostas que considerem a viabilidade de aplicação das SBN's no enfrentamento dos problemas identificados.

Este trabalho terá, além de introdução e conclusão, um capítulo 2 abordando a crise climática atual, bem como seu contexto histórico, desafios atuais e a relação com a arquitetura das cidades; um capítulo 3 de diagnóstico e análise da infraestrutura da escola escolhida por meio de um estudo de caso, e levantamento dos desafios térmicos e condições ambientais da escola; um capítulo 4 com propostas viáveis com viés voltado para Soluções Baseadas na Natureza, incluindo estratégias de modificações arquitetônicas sustentáveis e integração de elementos naturais ao meio, visando mitigar os impactos do racismo ambiental e garantir uma sociedade mais justa.

2 A CRISE CLIMÁTICA ATUAL: CONTEXTO, DESAFIOS E RELAÇÃO COM A ARQUITETURA DAS CIDADES

2.1 A crise climática e o impacto nas cidades

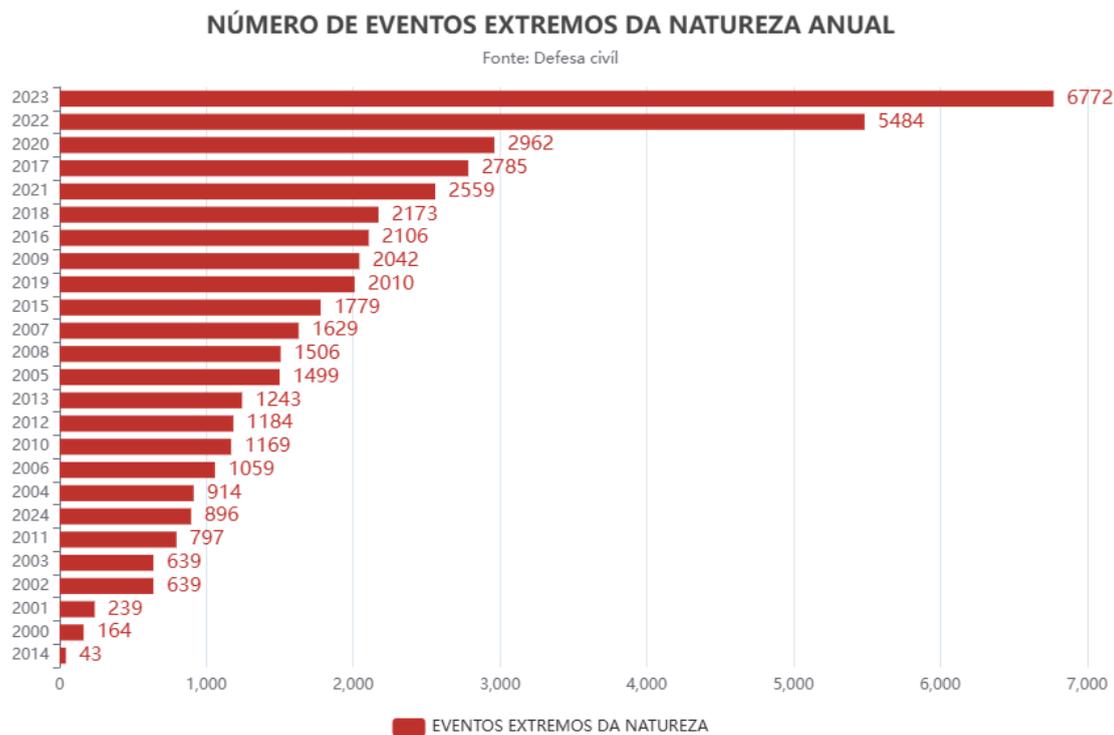
Os efeitos da crise climática refletem no aumento da frequência e da intensidade de desastres naturais. De acordo com Tabatcheik (2023), o Observatório de Clima e Saúde diferencia os desastres ocasionados pelo desequilíbrio climático relacionando-os a eventos que são classificados conforme sua origem, sendo essas:

- I – Hidrológica, como inundações, alagamentos, enchentes e deslizamentos de terra;
- II – Geológica ou geofísica, como processos erosivos e deslizamentos oriundos de processos geológicos;
- III – Meteorológicos, como raios, ciclones tropicais e extratropicais, tornados e vendavais; e
- IV – Climatológicos, como estiagem e seca, queimadas e incêndios florestais, chuva de granizo, geadas e ondas de frio e calor.

Ainda, o Observatório de Clima e Saúde aponta que, até o início do ano de 2024, os números de eventos extremos na natureza no Brasil praticamente triplicaram de 2020 a 2023, tendo como mais frequentes as manifestações climatológicas e meteorológicas. Além disso, os números de afetados pelos

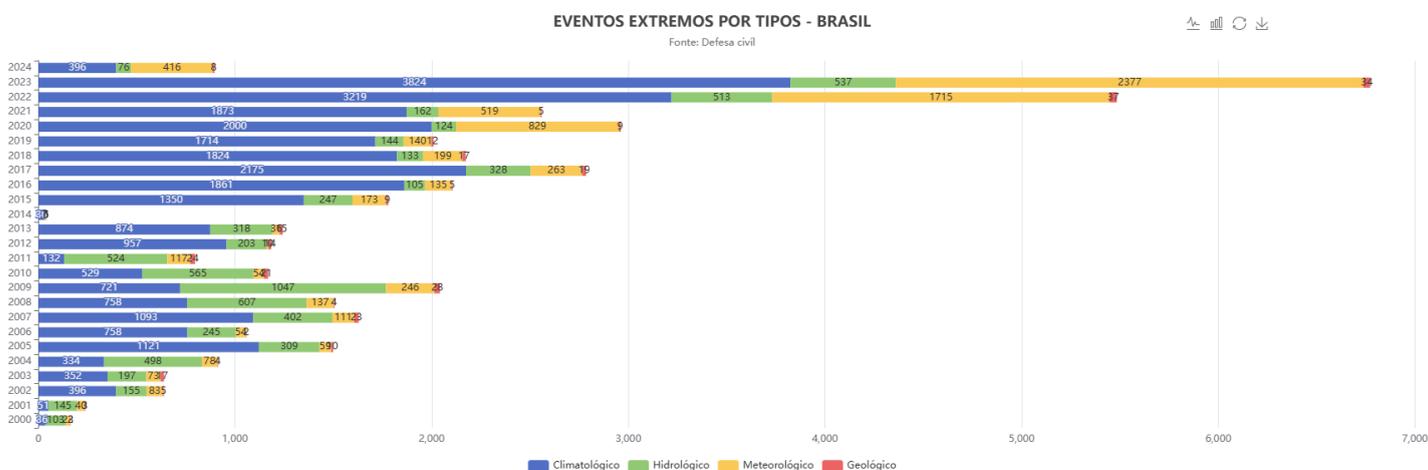
desastres ocasionados pela crise climática apresentaram aumento constante no decorrer dos anos. As imagens 1, 2 e 3 abaixo indicam os dados mencionados.

Imagem 1. Número de eventos extremos da natureza anual.

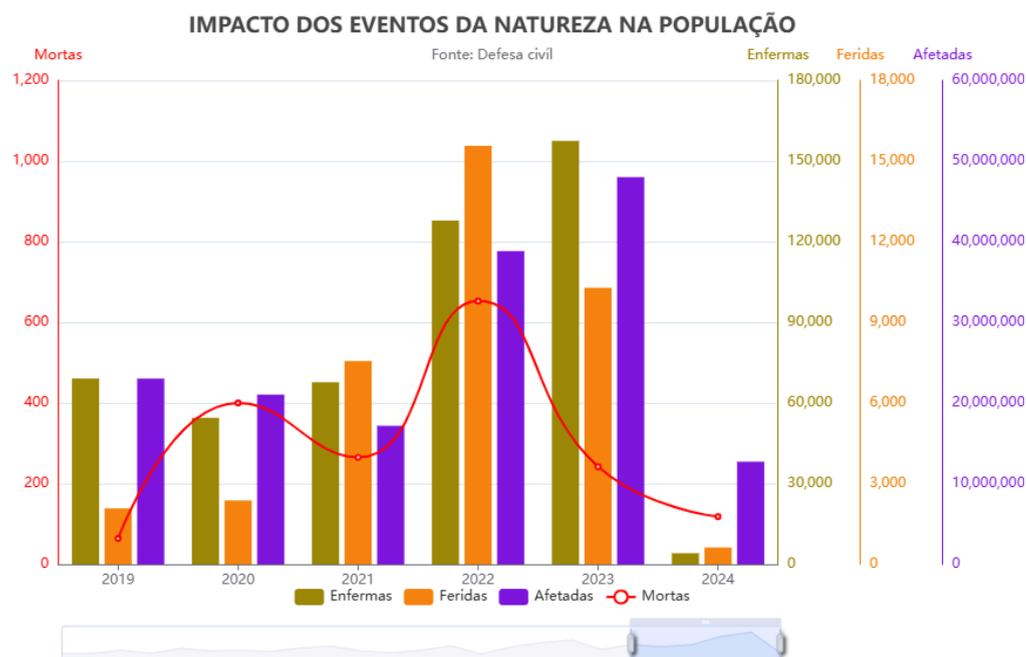


Fonte: Observatório de Clima e Saúde, Fiocruz.

Imagem 2. Eventos extremos por tipos - Brasil.



Fonte: Observatório de Clima e Saúde, Fiocruz.

Imagem 3. Impactos dos eventos da natureza na população

Fonte: Observatório de Clima e Saúde, Fiocruz.

As informações contidas nas representações gráficas acima ilustram em números uma emergência climática multicausal potencializada pelas atividades antrópicas, conforme constata o IPCC (2023). Com isso, observamos uma relação de causa e efeito entre o homem e a natureza: de um lado, temos a exploração exacerbada de recursos naturais, a má gestão de resíduos, a carbonatação da atmosfera e a expansão urbana historicamente desplanejada; do outro, a natureza responde com a ocorrência de eventos climáticos extremos.

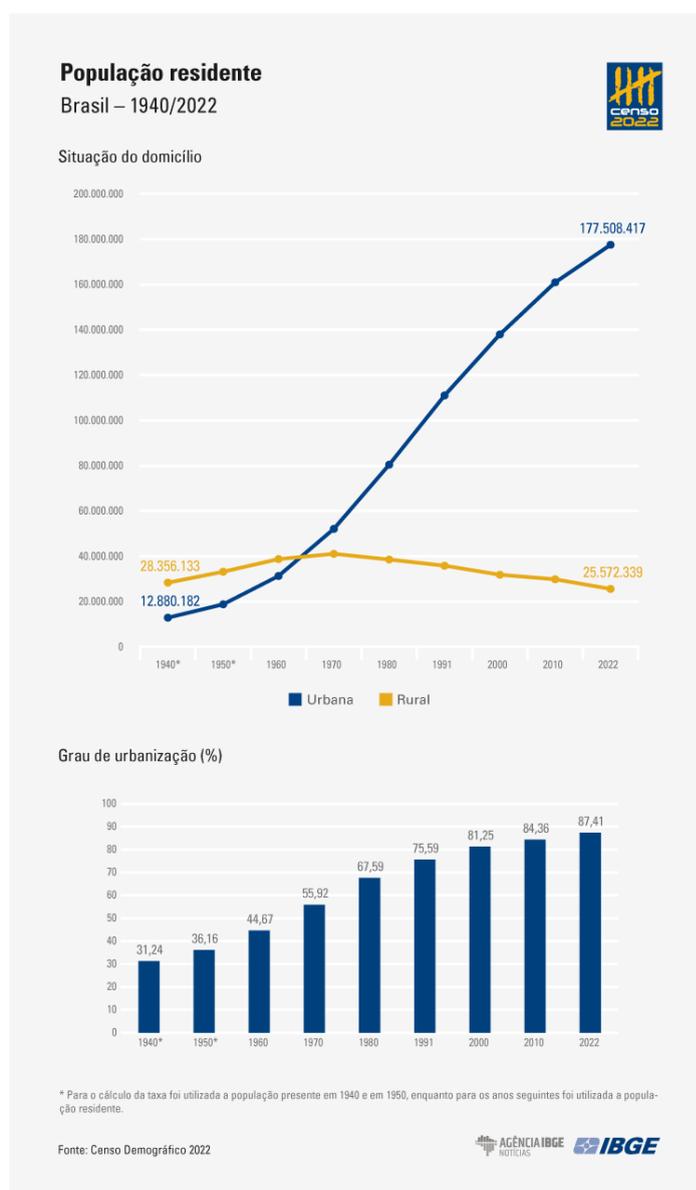
Tendo em vista a intensidade das consequências sofridas pelo desequilíbrio climático, as cidades, por sua alta densidade populacional e infraestrutura complexa, estão mais expostas aos impactos ocasionados pelas mudanças climáticas, de acordo com o IPCC (2023). Neste âmbito, é importante ressaltar que o modelo de infraestrutura supracitado está associado a um processo de crescimento urbano acelerado e sem planejamento prévio.

A partir do século XIX a ocupação das cidades no Brasil começou a ganhar força, principalmente devido à industrialização em crescimento e à expansão das ferrovias que possibilitou a integração de várias regiões do país. De acordo com Faoro (2001), esse período foi marcado por uma transformação econômica e social,

na qual a economia cafeeira impulsionou a necessidade de ocupação de novas áreas, principalmente na região Sudeste do país.

No século XX, em um contexto de pós segunda guerra mundial, houve uma ascensão significativa dos processos industriais no país, fator que resultou no crescimento exponencial da ocupação das cidades (Di Sarno, 2004). Sob essa ótica, a partir de 1950 ocorreu um aumento exponencial da ocupação urbana, registrando um percentual de 87% da população brasileira residente em cidades, conforme indica a imagem 4.

Imagem 4. População residente no Brasil (1940-2022) e Grau de Urbanização.

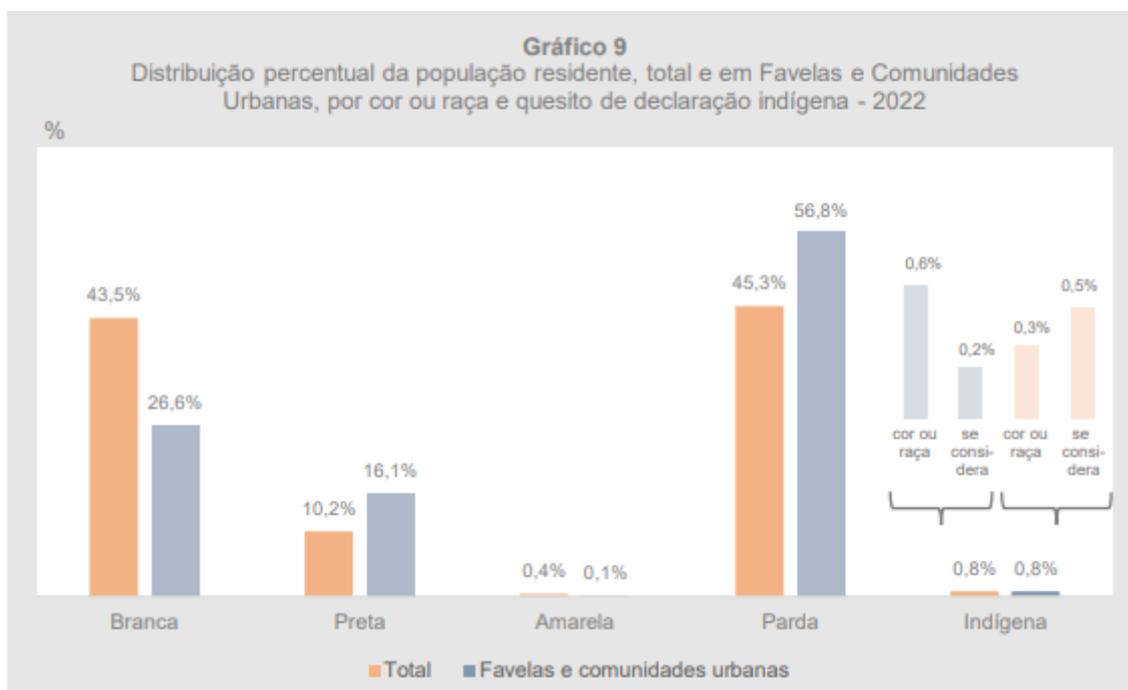


Fonte: Censo IBGE (2022).

As consequências da ocupação exponencial dos espaços urbanos vivenciada nos últimos 60 anos revelam uma realidade marcada pela segregação socioespacial, pelo racismo ambiental e por danos profundos à natureza. Conforme cita Villaça (1998), a urbanização acelerada no Brasil reflete um modelo excludente, que priorizou o crescimento econômico em detrimento da qualidade de vida e da sustentabilidade ambiental. Dinâmica que toma forma com a expansão das periferias, a formação de favelas e a carência de infraestrutura básica atrelada a fragmentação do espaço urbano (Villaça, 1998).

Neste âmbito, ainda é necessário evidenciar que a expansão das periferias se constitui como um marcador da urbanização excludente de nosso país em decorrência do racismo ambiental, conforme o censo do IBGE (2022), pretos e pardos representam 72,9% da população residente em áreas marginalizadas no Brasil, dado ilustrado pela imagem 5.

Imagem 5. Ocupação das favelas e comunidades urbanas.



Fonte: Censo IBGE (2022).

Sob essa perspectiva, as periferias urbanas em nosso país são marcadas pela precariedade habitacional, infraestrutura deficiente e acesso limitado a serviços

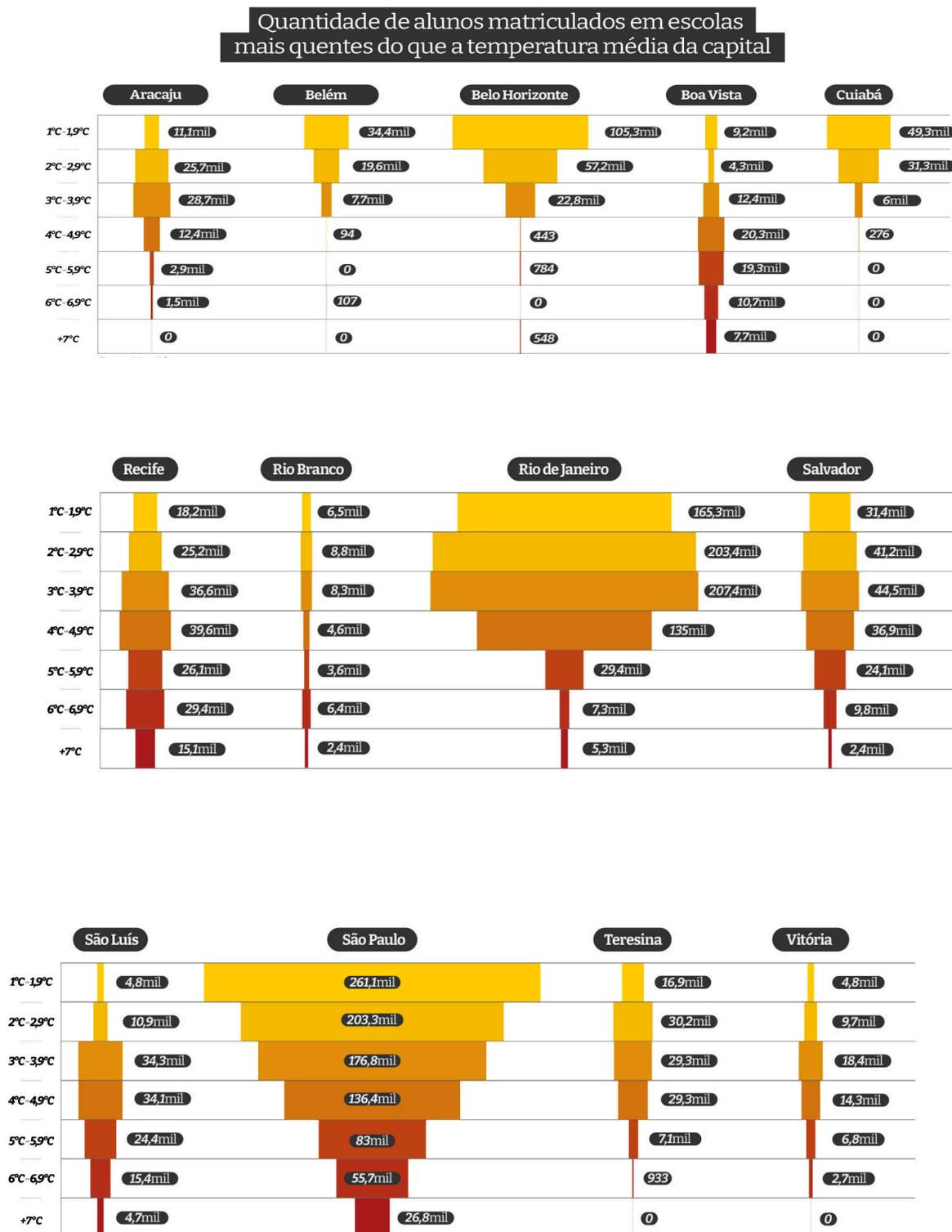
públicos essenciais de educação, saúde e segurança (Tawnni, 2024). No âmbito educacional, que é foco de interesse desse trabalho, essa realidade se evidencia através de escolas em áreas periféricas enfrentando superlotação, falta de recursos pedagógicos, baixos índices de desempenho acadêmico e infraestrutura inadequada, a qual engloba espaços sem manutenção ou reforma, danificados, ou sem atenção ao conforto térmico. Nesse sentido, escolas em áreas marginalizadas “são abandonadas e têm estrutura precária, o que reforça um ciclo de fracasso escolar e exclusão social.” (Patto, 1999, p. 55).

A vulnerabilidade na infraestrutura das escolas públicas em áreas periféricas agrava-se ainda mais quando relacionada à crise climática, que intensifica as condições adversas enfrentadas por essas instituições.

O aumento de fenômenos climáticos extremos, como enchentes e ilhas de calor, resulta em alagamentos, danos estruturais e condições inóspitas de ambiência devido ao calor excessivo, tornando o ambiente escolar em regiões marginalizadas ainda mais precarizado, ao mesmo tempo em que prejudica o bem-estar dos estudantes e dificulta o processo de ensino-aprendizagem.

Apenas a título exemplificativo, de acordo com Abalen et. al (2023), a cada 100 salas de escolas públicas e privadas em Belo Horizonte, apenas oito possuem climatizadores para amenizar o calor em dias mais quentes. Ainda, as imagens 6,7 e 8 da MapBiomas constataam que o aumento da média de temperatura nas escolas da rede pública é uma realidade que atinge outras capitais do Brasil.

Imagens 6,7 e 8. Quantidade de alunos matriculados em escolas mais quentes do que a temperatura média da capital.



Fonte: MapBiomias.

Isto posto, para a garantia do direito a um meio ambiente saudável, em condições dignas de habitabilidade, a adaptação das cidades como um todo para que se tornem espaços mais resilientes é uma necessidade urgente diante dos desafios impostos pela crise climática e pelo modelo urbano estruturado atualmente.

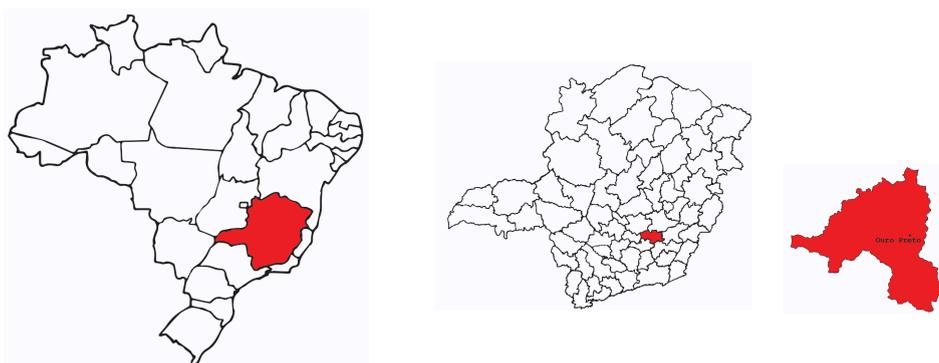
Nesse sentido, com vistas a garantir o acesso digno à educação, as escolas da rede pública, especialmente as localizadas em áreas periféricas, devem ser adaptadas para garantir maior eficiência energética, acessibilidade e conforto térmico, além de resistência a eventos climáticos extremos. Essa adaptação pode ser viabilizada por meio das Soluções Baseadas na Natureza (SBN's), que visam integrar elementos naturais à infraestrutura urbana de maneira sustentável e economicamente viável (IUCN, 2020). Tais estratégias possibilitam o aumento da resiliência das cidades como um todo, tornando-as mais preparadas para enfrentar os desafios impostos pelo desequilíbrio climático.

3 DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DA INFRAESTRUTURA ESCOLAR

3.1 Objeto de estudo: Estudo geográfico e setorização da escola

O presente trabalho adotou como estudo de caso a Escola Municipal Professora Juventina Drummond, localizada no Bairro Morro Santana, na cidade de Ouro Preto- MG. De acordo com o censo demográfico do IBGE, o município está localizado na região central do estado de Minas Gerais, e totaliza 74.821 habitantes (IBGE, 2022).

Imagem 9. Localização da cidade de Ouro Preto, em Minas Gerais, Brasil.



Fonte: Autoral.

De acordo com a Lei Complementar nº 93, de 20 de janeiro de 2011 as Zonas de Adensamento Restrito (ZAR's) englobam áreas em que a ocupação e uso do solo são limitados devido a infraestrutura deficiente, limitações viárias, condições naturais desfavoráveis e impacto no patrimônio natural e patrimonial, além de áreas sensíveis que exigem preservação e ocupação condicionada ao entorno existente. Dentro dessas subdivisões, a Zona de Adensamento 2 (ZAR-2) engloba áreas que apresentam: relevo acidentado, risco geológico, desarticulação do sistema viário ou tendência a ocupação residencial unifamiliar, e que conseqüentemente, exigem a adoção de parâmetros que restringem o adensamento demográfico.

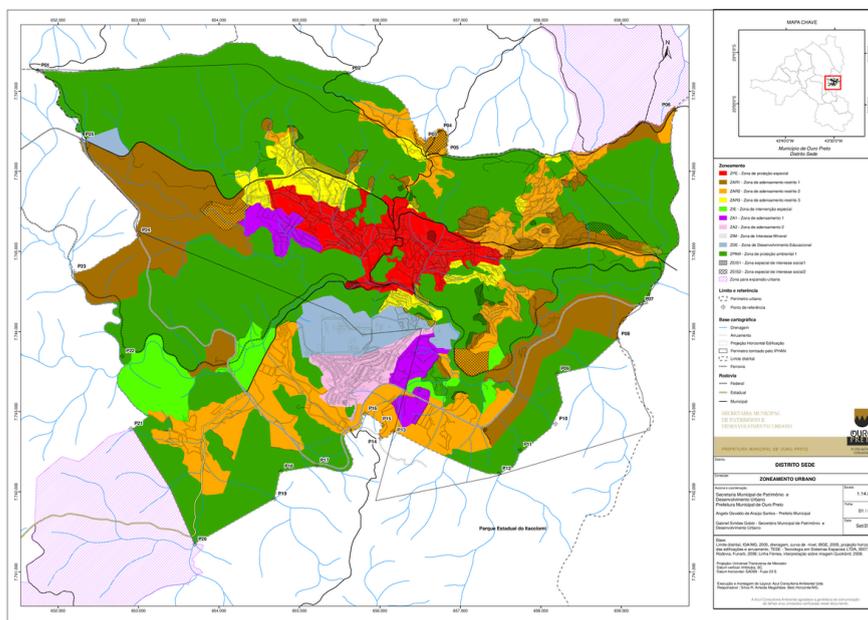
Ainda, é importante ressaltar que todas as áreas urbanas da cidade de Ouro Preto-MG são delimitadas por zonas distintas, e essa delimitação implica diretamente nas intervenções permitidas a esses ambientes, que são fiscalizadas pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) órgão responsável por aprovar implementações em áreas tomadas, assegurando a preservação do patrimônio cultural. A Escola Municipal Professora Juventina Drummond, objeto de estudo deste trabalho, está localizada na Zona de Adensamento 2, indicada em laranja no mapa de zoneamento da cidade de Ouro Preto-MG, na imagem 11.

Imagem 10. Escola Municipal Professora Juventina Drummond, Ouro Preto-MG.



Fonte: Google Maps.

Imagem 11. Mapa de zoneamento da cidade de Ouro Preto-MG.

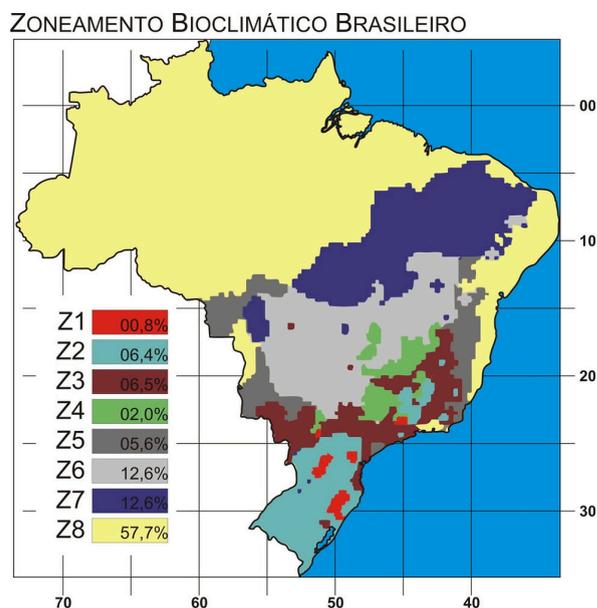


Fonte: Prefeitura Municipal de Ouro Preto.

Sob uma perspectiva geográfica, o zoneamento bioclimático brasileiro tem como objetivo repartir o território nacional em oito zonas que apresentam características climáticas semelhantes, com o intuito de estabelecer parâmetros e diretrizes construtivas adequadas para cada condição climática visando proporcionar edificações mais eficientes, conforme citado na ABNT NBR 15220-3:2005-*“Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.”*

A cidade de Ouro Preto-MG, está localizada na Zona Bioclimática Z3 conforme ilustra a imagem 12, a qual delimita o clima tropical de altitude, abrangendo regiões de altitude elevada, situadas principalmente no sudeste brasileiro. A região é caracterizada por apresentar verões amenos e invernos frios, atingindo grande amplitude térmica diária. (ABNT NBR 15220-3:2005). Conforme dados da Prefeitura Municipal de Ouro Preto, a cidade está situada a aproximadamente 1.150 metros acima do nível do mar, fator que justifica a manifestação de temperaturas mais baixas.

Imagem 12. Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: Construágil.

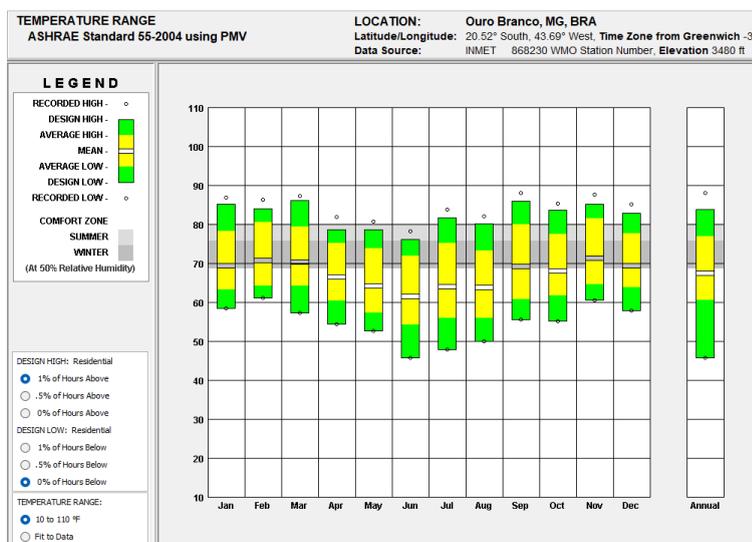
Para o estudo geográfico do trabalho proposto, foi utilizado o software *Climate Consultant*®, desenvolvido pela University of California, Los Angeles, com função principal de auxiliar na interpretação de dados climáticos e auxiliar profissionais em decisões projetuais. (SBSE, 2021).

O programa não registra a manifestação climática na cidade de Ouro Preto-MG, sendo assim, a referência utilizada para o estudo foi a cidade de Ouro Branco-MG, localizada a cerca de 45 quilômetros de distância. Desta forma, os resultados irão indicar o comportamento do clima tropical de altitude no que se refere a variação de temperatura e comportamento dos ventos.

Num primeiro momento, a análise de variação térmica indica que no verão a temperatura máxima não ultrapassa a marca dos 30°C², enquanto no inverno os valores são mais baixos, com máxima de até 24°C, principalmente no período de maio a julho, o que resulta em verões amenos e invernos frios, como indicado na Imagem 13.

² A conversão de 1 °F equivale aproximadamente a -17,22 °C, de acordo com a fórmula °C=(°F-32)/1,8.

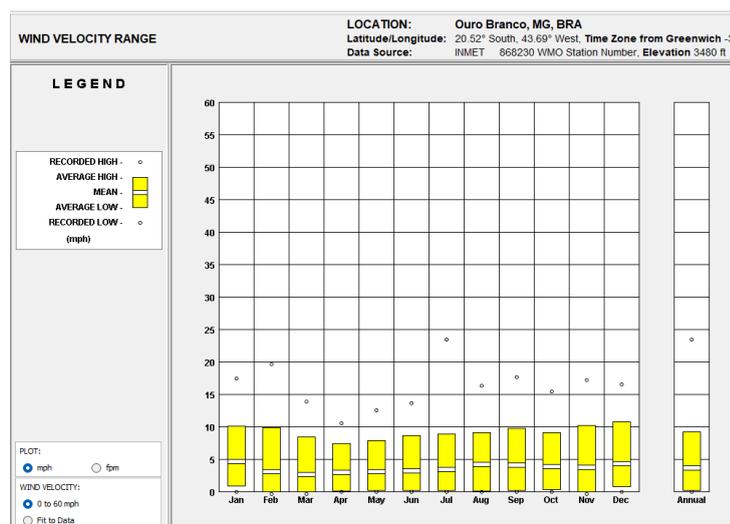
Imagem 13. Variação de temperatura da cidade de Ouro Branco-MG.



Fonte: Climate Consultant.

Além disso, conforme exposto na imagem 14 o levantamento da velocidade dos ventos na região aponta que a variação da intensidade dos ventos entre os meses é baixa, o que demonstra uma distribuição relativamente uniforme de ventilação natural ao longo do ano.

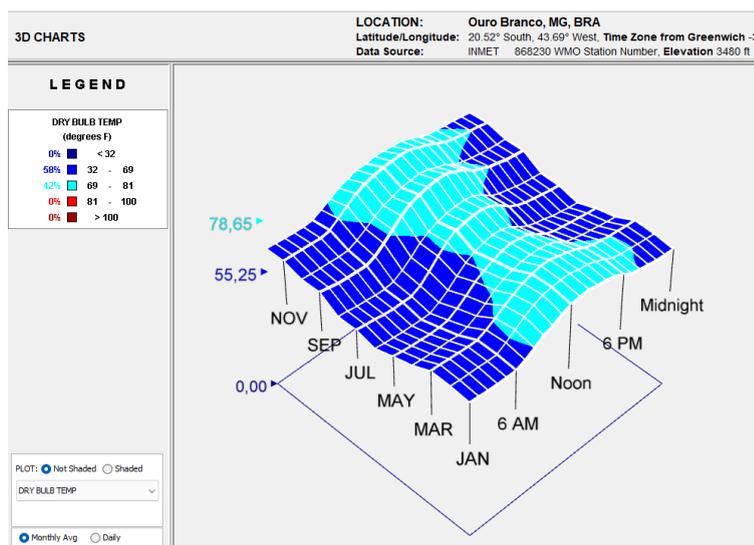
Imagem 14. Velocidade dos ventos na cidade de Ouro Branco-MG.



Fonte: Climate Consultant.

Por fim, a Imagem 15 retrata a temperatura de bulbo seco, medida sem influência da radiação solar e da umidade. Através da representação gráfica, é possível observar que as maiores temperaturas são registradas no período da tarde, enquanto as manhãs e noites registram temperaturas mais baixas.

Imagem 15. Gráfico 3D com temperatura de bulbo seco da cidade de Ouro Branco-MG.



Fonte: Climate Consultant.

A Escola Municipal Professora Juventina Drummond (imagem 16) está setorizada na Rua São Pedro, uma das vias do Bairro Morro Santana. O terreno no qual a instituição está situada possui área total de 2797,24m², como apresentado na imagem 20. Sua fundação ocorreu no século XX, conforme cita o registro da Prefeitura Municipal de Ouro Preto:

Localizada próxima à capela de Nossa Senhora Sant'Ana, a atual Escola Municipal "Professora Juventina Drummond" foi inicialmente instalada em 02/02/1960, criada pelos decretos nº 49 de 21/11/1960 e nº 31 de 23/11/1960, finalmente oficializada em 03/12/1960, segundo um único histórico existente em seus arquivos de secretaria. (Prefeitura Municipal de Ouro Preto 2020.)

Imagem 16. Vista lateral 1- Escola Municipal Professora Juventina Drummond, Ouro Preto-MG.



Fonte: Google Maps.

Imagem 17. Vista Lateral 2- Escola Municipal Professora Juventina Drummond, Ouro Preto-MG.



Fonte: Google Maps.

Imagem 18. Vista 3- Escola Municipal Professora Juventina Drummond, Ouro Preto-MG.



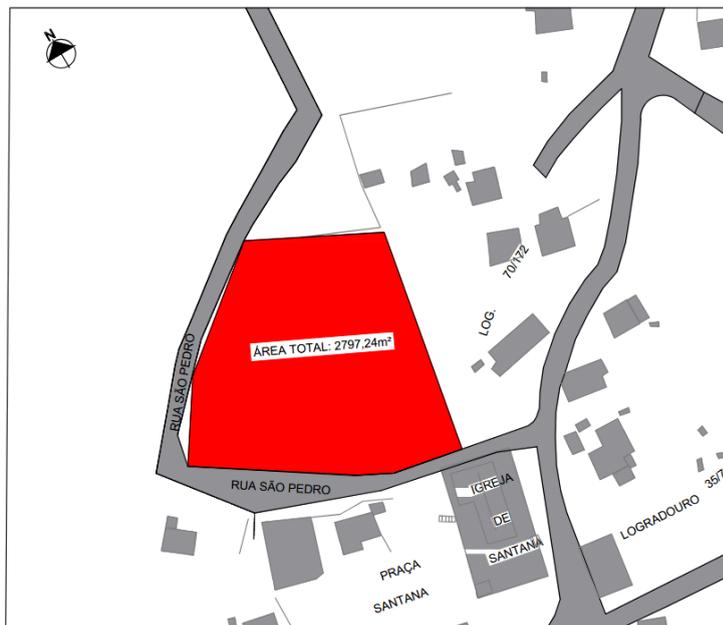
Fonte: Google Maps.

Imagem 19. Vista do morro da rua São Pedro- Escola Municipal Professora Juventina Drummond, Ouro Preto-MG.



Fonte: Google Maps.

Imagem 20. Situação da Escola Municipal Professora Juventina Drummond.



Fonte: Autoria própria.

De um modo geral, o entorno é predominantemente íngreme e caracterizado por uso residencial, como indicado nas imagens 21 e 22.

Imagens 21 e 22. Entorno da Escola Municipal Professora Juventina Drummond.



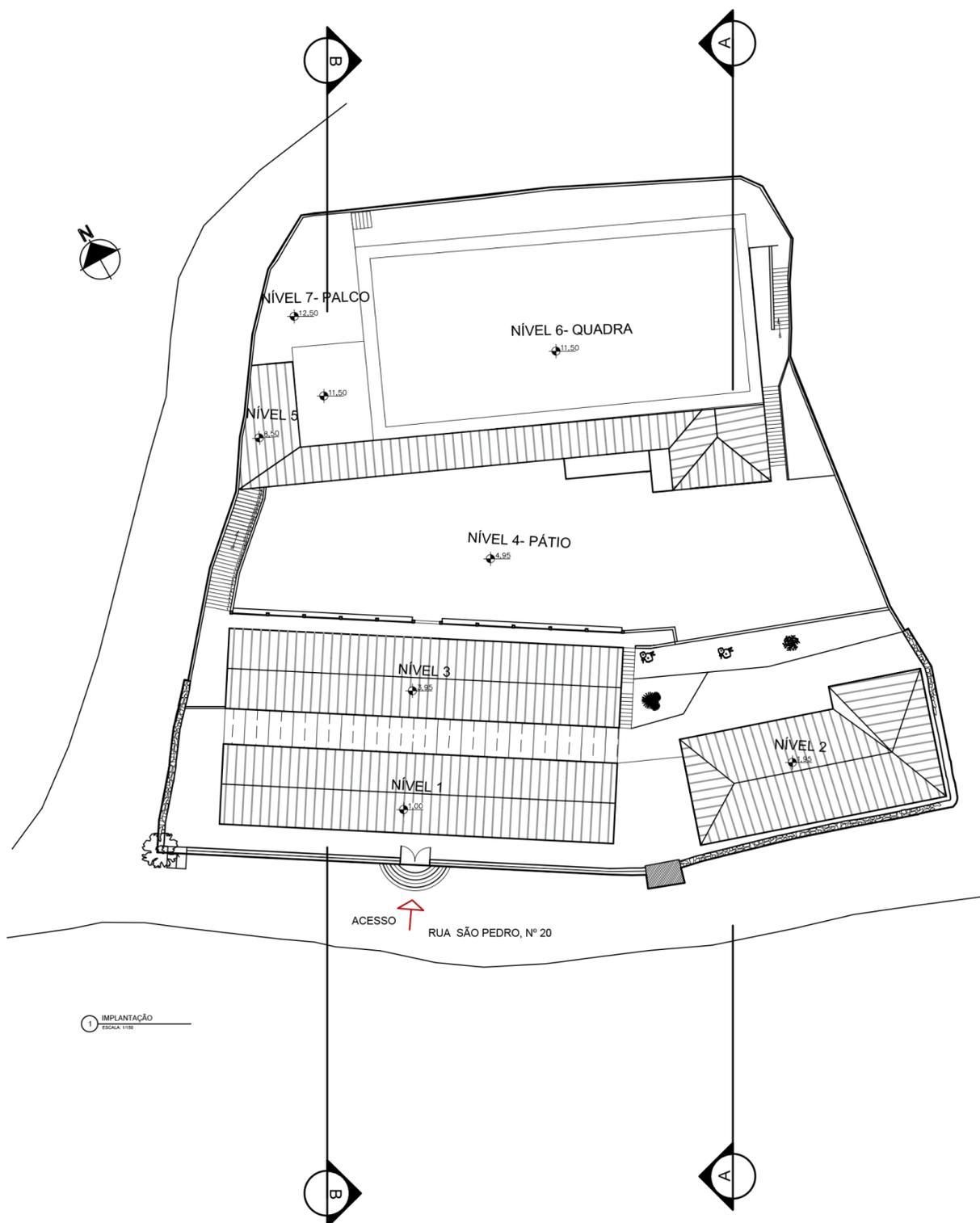
Fonte: Autoria própria.

Atualmente, a escola atende ao público infanto-juvenil, e possui uma média de 480 alunos, matriculados do 1º ao 9º ano, abrangendo faixas etárias dos 6 aos 14 anos. Conta, ainda, com cerca de 60 funcionários atuando em setores administrativos, pedagógicos e de apoio. As atividades escolares ocorrem nos períodos matutino e vespertino, sendo matutino destinado às turmas do 6º ao 9º ano, e vespertino destinado aos alunos do 1º ao 5º ano³.

A edificação é estruturada em sete níveis distintos e possui uma área permeável, conforme ilustrado na implantação da imagem 23, bem como nos cortes indicados nas imagens 24 e 25.

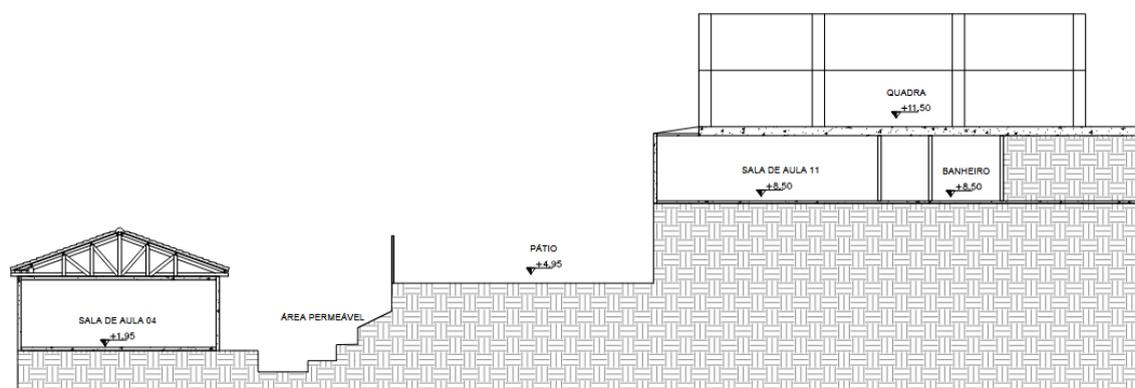
³ Informações colhidas pela autora e oferecidas pela secretaria da Escola Municipal Professora Juventina Drummond referente ao primeiro semestre de 2025.

Imagem 23. Implantação da Escola Municipal Professora Juventina Drummond.



Fonte: Autoria própria.

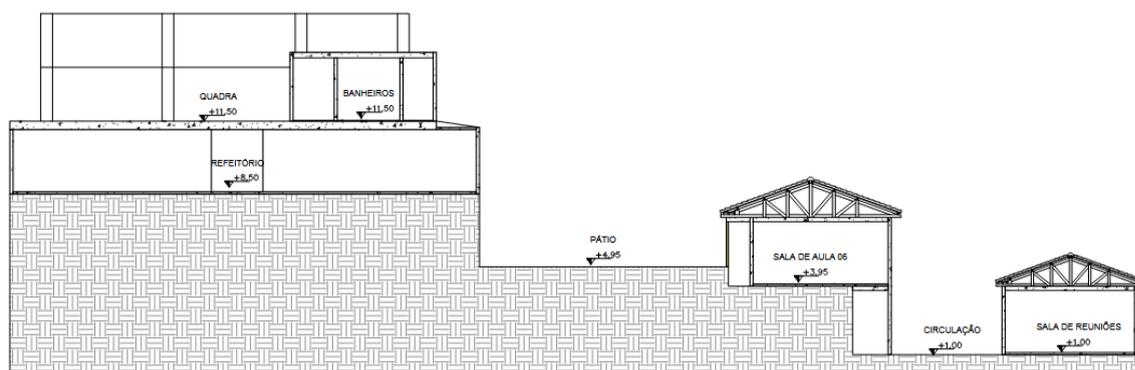
Imagem 24. Corte AA da Escola Municipal Professora Juventina Drummond.



2 CORTE AA
ESCALA: 1/75

Fonte: Autoria própria.

Imagem 25. Corte BB da Escola Municipal Professora Juventina Drummond.



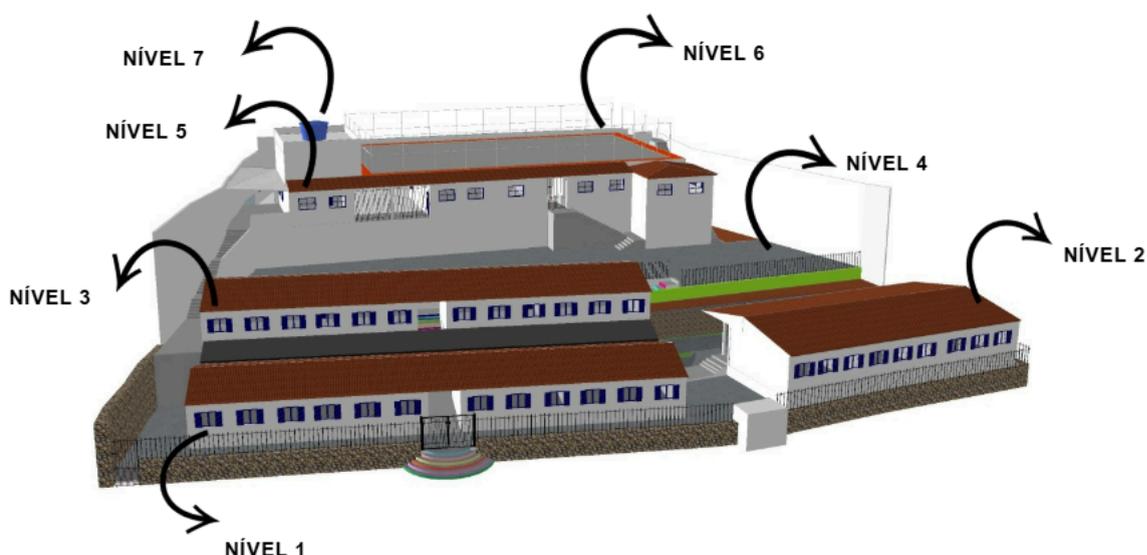
3 CORTE BB
ESCALA: 1/75

Fonte: Autoria própria.

Por meio da perspectiva 3D ilustrada na imagem 26, é possível notar com mais clareza todos os níveis existentes na edificação. Em cada nível, estão contidos os seguintes ambientes:

- Nível 1 (+1,00): Sala dos professores, setor administrativo, salas de aula e banheiros;
- Nível 2 (+1,95): Salas de aula e bibliotecas;
- Nível 3 (+3,95): Salas de aula;
- Nível 4 (+4,95): Pátio;
- Nível 5 (+8,50): Cozinha, refeitório, despensa e salas de aula;
- Nível 6 (+11,50): Quadra e banheiros;
- Nível 7 (+12,50): Palco;
- Área permeável.

Imagem 26. Modelagem 3D da Escola Municipal Professora Juventina Drummond.



Fonte: Autoria própria.

Todas as representações foram elaboradas através dos softwares Autocad e Sketchup, de modo a otimizar a compreensão dos níveis através de visualizações 2D e 3D.

3.2 Caracterização dos materiais de construção presentes na edificação

A caracterização dos materiais de uma edificação é de extrema importância para compreender o desempenho térmico dos elementos construtivos escolhidos, conforme cita Ramos (2023). A partir dessa perspectiva, foram analisados os materiais aplicados na construção da Escola Municipal Professora Juventina Drummond, com o intuito de fundamentar as percepções de uso pós ocupação e colaborar para a escolha de diretrizes de intervenção adequadas.

A tabela 1 abaixo indica os materiais presentes, as áreas que esses materiais são aplicados, e suas principais propriedades físicas.

Tabela 1. Propriedades físicas dos materiais presentes na estrutura da Escola.

MATERIAIS	ÁREA DE APLICAÇÃO	PROPRIEDADES FÍSICAS
CONCRETO ARMADO	ESTRUTURA DA EDIFICAÇÃO	Resistente; alta durabilidade; massa térmica elevada; não é bom isolante térmico.
TIJOLO CERÂMICO	VEDAÇÕES DA EDIFICAÇÃO	Material poroso; bom isolante térmico, portanto, boa absorção e liberação de calor; resistente e durável.
LAJE DE CONCRETO	COBERTURA NÃO EXPOSTA DA EDIFICAÇÃO	Resistente; baixo isolante térmico; massa térmica elevada.
TELHADO CERÂMICO	COBERTURA DA EDIFICAÇÃO	Bom isolante térmico; baixa condução de calor; resistente a intempéries;
GRANILITE	PISO DA EDIFICAÇÃO	Resistente; não funciona como isolante térmico; superfície brilhante.
POLICARBONATO	COBERTURA DE TOLDOS	Leve; boa durabilidade; absorve incidência solar; baixa condutividade térmica.
CONCRETO	PISOS DE ÁREAS EXTERNAS ABERTAS DA EDIFICAÇÃO (PÁTIO E QUADRA)	Resistente, massa térmica elevada; baixo isolante térmico.
MADEIRA	ALGUMAS ESQUADRIAS DA EDIFICAÇÃO	Bom isolante térmico; durável e resistente.
METAL	ALGUMAS ESQUADRIAS DA EDIFICAÇÃO E COBERTURA DE TOLDOS	Alta condutividade térmica, aquece e esfria rapidamente.
VIDRO	ALGUMAS ESQUADRIAS DA EDIFICAÇÃO	Condutividade térmica média; baixo isolante térmico; superfície brilhante;
TINTA AZUL ESMALTADA	ESQUADRIAS E DETALHES NA VEDAÇÃO DA EDIFICAÇÃO	Superfície brilhante; resistência a intempéries; protege a superfície; não funciona como isolante térmico.
TINTA ACRÍLICA BRANCA	VEDAÇÕES E LAJES	Superfície fosca; reflete parte da insolação devido a cor clara; durável e resistente; não funciona como isolante térmico.
TINTA ACRÍLICA CINZA	ALGUMAS ESCADAS E MEIA PAREDE DE ÁREA EXTERNA	Superfície fosca; boa durabilidade; resistência média a intempéries.

Fonte: Autoria própria.

Como descrito na imagem acima, o concreto armado não se constitui enquanto um bom isolante térmico, e possui propriedades de massa térmica

elevada, que segundo Attmann (2010) é a capacidade do material de armazenar calor. Neste contexto, é importante observar que este material está presente em pilares, vigas e lajes, e nos dias mais quentes, contribui para a elevação de temperaturas internas. Contudo, as vedações, por integrarem boa parte da área construída da edificação auxiliam na redução do impacto da temperatura em dias de frio ou calor intenso, uma vez que o tijolo cerâmico atua como bom isolante térmico. Além disso, a cobertura de telhado cerâmico também possui desempenho térmico eficiente, fator que colabora para melhor desempenho térmico da edificação. De um modo geral, esses materiais predominam por toda estrutura da escola.

A respeito dos revestimentos aplicados, as esquadrias de madeira contribuem com sua propriedade de isolamento térmico em dias mais frios, compensando o rendimento inferior das esquadrias compostas por vidro e metal, uma vez que estas possuem baixo desempenho como isolante térmico. Adicionalmente, a tinta branca, predominante na edificação, tende a refletir a radiação solar direta, fator que ameniza a absorção de calor na edificação em dias mais quentes. Além disso, a tinta cinza, presente em meia parede na área externa, possui maior facilidade em absorver calor, o que pode intensificar a sensação de aquecimento no pátio em dias mais frios.

De modo geral, analisando as áreas externas, é possível identificar a predominância do concreto, indicando que estes são ambientes com massa térmica elevada, o que resulta em espaços com grande absorção de insolação direta, e aquecimento significativo, principalmente por essas áreas não possuírem coberturas e estratégias de sombreamento.

Por fim, uma estratégia interessante adotada em relação aos corredores da edificação, consistiu na aplicação de toldos de policarbonato, visto que esses elementos impedem a radiação solar direta, mas são capazes de absorver parte dessa insolação, e conseqüentemente gerar aproveitamento de luz natural.

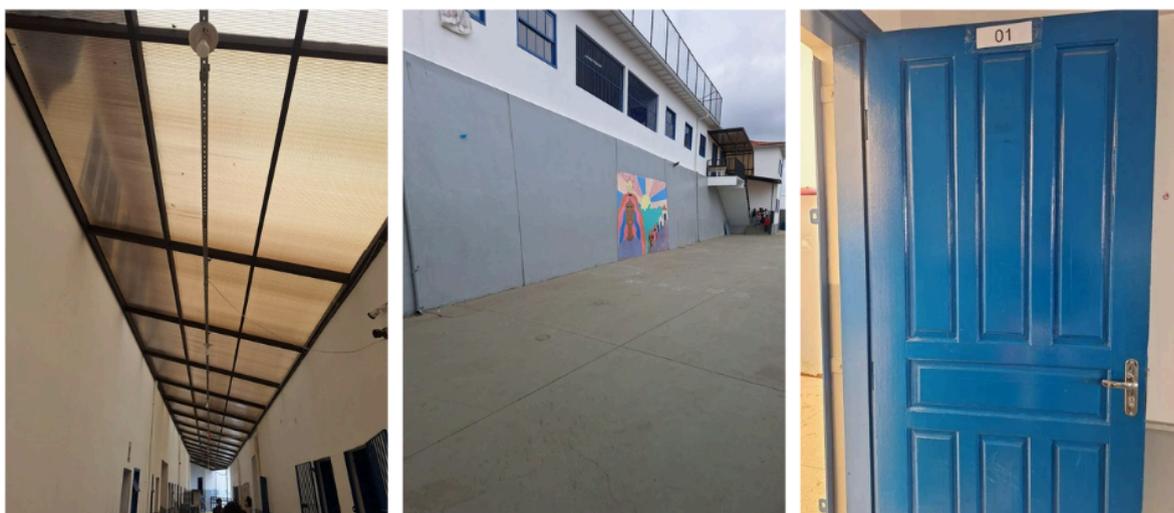
Isto posto, é possível concluir que a edificação apresenta materiais que contribuem para um bom desempenho térmico, sem predominância de materiais que comprometam o mesmo.

Imagens 27,27 e 29. Estrutura da escola, com pilares de concreto armado, vedações de tijolo cerâmico e cobertura de telhado cerâmico.



Fonte: Autoria própria.

Imagens 30,31 e 32. Toldo de policarbonato, pátio de concreto, porta de madeira com acabamento em tinta acrílica azul.



Fonte: Autoria própria.

Imagens 33,34 e 35. Esquadria em vidro e metal com acabamento em tinta acrílica azul, vedações com acabamento em tinta acrílica branca e cinza, escada com acabamento em tinta cinza.



Fonte: Autoria própria.

3.3 Levantamento de dados qualitativos

Por meio de visitas técnicas realizadas na Escola Estadual Professora Juventina Drummond, foi possível realizar entrevistas por meio de formulário, como forma de fundamentar a análise qualitativa do uso pós ocupação. O questionário foi destinado exclusivamente aos funcionários da instituição, considerando que os estudantes atendidos possuem idade entre 6 e 14 anos, o que poderia dificultar a compreensão da proposta abordada, principalmente por envolver alguns termos técnicos. Além disso, os funcionários possuem acesso a todos os setores da escola diariamente, e portanto, compreendem de forma mais ampla o uso desses espaços, bem como são capazes de identificar as sensações térmicas transmitidas em cada ambiente.

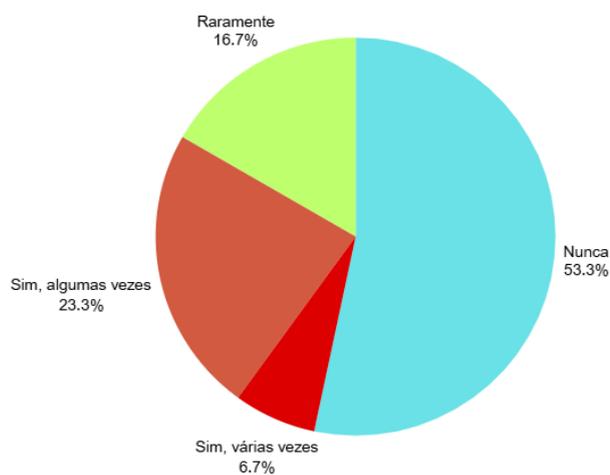
Como citado anteriormente, a escola possui cerca de 60 funcionários. Dessa forma, foram coletadas 30 respostas, o que corresponde a $\frac{1}{2}$ do total de colaboradores. O formulário foi intitulado “Percepções térmicas sobre o ambiente escolar”, e nele estavam contidas perguntas de múltipla escolha a respeito da sensação térmica dos usuários nos setores da escola em períodos de frio extremo e calor extremo. Além disso, foram incluídas questões sobre uso de espaços com

vegetação na escola, e existência ou ausência de espaços para refúgio térmico em períodos de calor extremo.

Num primeiro momento, buscou-se entender se o calor extremo ou frio extremo interferem nas atividades escolares. Como demonstrado na imagem 36, cerca de 45% dos usuários considera o calor um empecilho na realização de atividades. Ainda, na imagem 37, os resultados demonstram que apenas uma média de 3% considera o frio um fator restritivo na realização de atividades escolares.

Imagem 36 .Influência do calor nas atividades escolares.

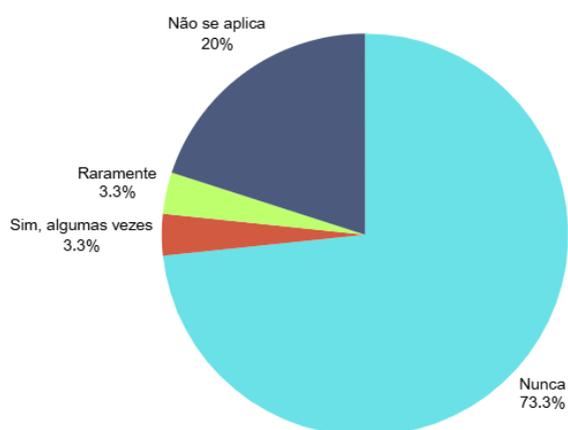
O calor já te impediu de realizar alguma atividade escolar?



Fonte: Autoria própria.

Imagem 37. Influência do frio nas atividades escolares.

O frio já te impediu de realizar alguma atividade escolar?



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, foi necessário constatar se a manifestação do calor afeta diretamente o rendimento dos alunos nas atividades escolares. Nesse sentido, mais de 70% dos usuários entrevistados indicaram que o aumento da temperatura interfere no desempenho dos estudantes, conforme indica a imagem 38.

Imagem 38. Influência do calor no rendimento escolar.

O calor interfere no rendimento dos alunos?

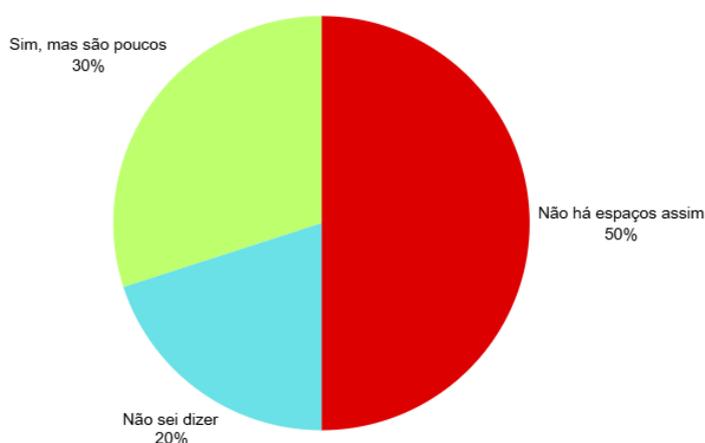


Fonte: Autoria própria.

Depois disso, foram analisadas as condições do ambiente escolar sobre a existência de áreas para refúgio térmico em dias de calor extremo. A imagem 39, demonstra que 50% dos usuários entrevistados considera que não há espaços assim, enquanto 30% considera a existência desses espaços, ainda que reduzida.

Imagem 39. Presença de locais para refúgio térmico na escola.

A escola possui locais de refúgio térmico em dias de muito calor?

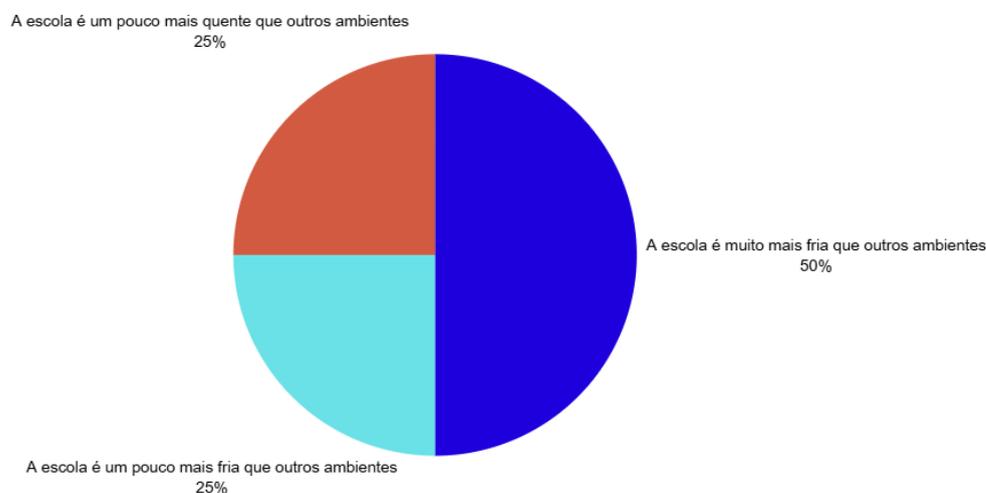


Fonte: Autoria própria.

Ainda, apesar da percepção dos usuários indicar condições de desconforto térmico em dias de calor intenso, os períodos de frio intenso também indicaram resultados de desconforto térmico. Na imagem 40, mais de 50% dos entrevistados indica que a escola é um ambiente de sensação térmica mais fria quando comparada a outros ambientes.

Imagem 40. Sensação térmica da escola em dias de frio intenso.

Qual a sensação térmica da escola nos dias de frio intenso?



Fonte: Autoria própria.

Por fim, o questionário aplicado também colaborou para a análise de insolação e ventilação nos diferentes níveis da escola, ao indicar a percepção térmica nos ambientes com relação a incidência solar e intensidade dos ventos. Através do estudo da sensação térmica de cada ambiente, tornou-se possível, a partir disso, a elaboração de diagramas térmicos e diagramas de ventilação, ilustrados nos capítulos a seguir.

3.4 Análise de insolação e ventilação

A análise de insolação é de extrema importância para compreensão do desempenho térmico da edificação. De acordo com Nogueira (2010), o estudo da trajetória solar é fator indispensável para concepção projetual e aproveitamento racional da energia solar, seja para aquecimento ou para controle de radiação. Além disso, a análise da ventilação natural contribui positivamente para seu aproveitamento e aplicação na edificação, sendo uma potencial estratégia passiva na obtenção do conforto térmico.

Assim, foram realizadas simulações do caminho solar, bem como diagramação dos ventos dominantes que interceptam a escola estudada, por meio da modelagem 3D gerada pelo software Sketchup da edificação.

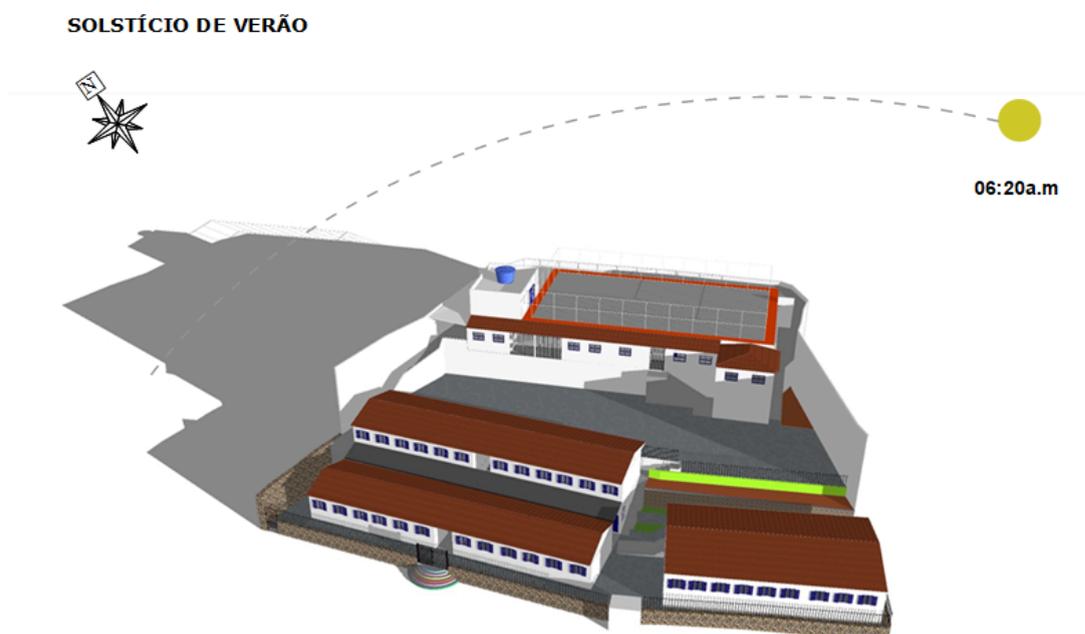
Para o estudo do caminho solar, foram considerados os solstícios de verão e inverno, momento em que a Terra recebe maior e menor incidência solar, respectivamente. Para a determinação dos ventos dominantes, foi consultado o site Windy (2017), que indica a direção dos ventos dominantes para a cidade de Ouro Preto. Neste contexto, as análises diagramáticas, bem como os resultados obtidos através das entrevistas e o estudo dos materiais que compõem a edificação, irão colaborar para a fundamentação de melhorias a serem aplicadas no ambiente escolar para melhor desempenho térmico.

3.4.1. Solstício de verão

No Brasil, o solstício de verão ocorre quando o Hemisfério Sul está mais inclinado em direção ao Sol, resultando em maior incidência de luz solar no decorrer do dia. Este fenômeno ocorre no dia 21 de dezembro e indica a chegada do verão, conforme explica a National Geographic (2023). A partir dessa perspectiva, foi feito um estudo do caminho solar na modelagem da Escola Municipal Professora Juventina Drummond por meio do Sketchup, considerando a data de início do solstício de verão deste ano. As imagens 41, 42 e 43 demonstram a trajetória solar em três horários ao longo do dia: 06:20 a.m., 12:00 p.m., e 17:40 p.m.

Num primeiro momento, na imagem 38 notamos que a insolação no período matutino projeta sombreamento nos ambientes internos voltados para oeste, enquanto os ambientes localizados ao leste da edificação recebem radiação solar direta. Nesse sentido, os blocos localizados a oeste tendem a preservar uma sensação térmica mais fresca, enquanto os demais tendem a absorver calor.

Imagem 41. Solstício de verão às 06:20 a.m.

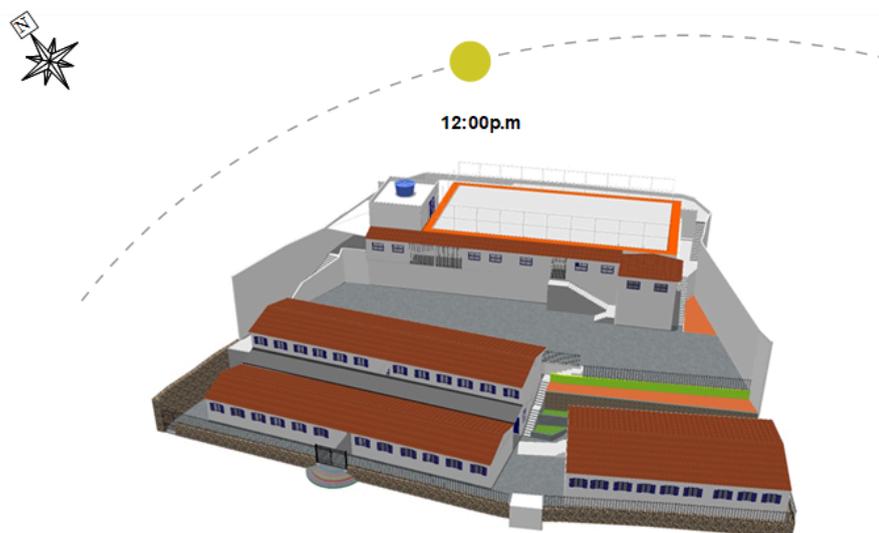


Fonte: Autoria própria.

Ao meio dia, conforme indica a imagem 42, todos os níveis da instituição recebem radiação solar direta. Nesse sentido, os ambientes internos são protegidos por sua cobertura de telha cerâmica, que possui bom desempenho térmico. Contudo, os ambientes externos estão suscetíveis ao superaquecimento, devido a ausência de cobertura nos mesmos. Ainda, ao fim da tarde, a imagem 43 demonstra que os blocos ao oeste passam a receber insolação direta com certa inclinação, o que permite que a incidência solar entre parcialmente pelas aberturas dos blocos.

Imagem 42. Solstício de verão às 12:00 p.m.

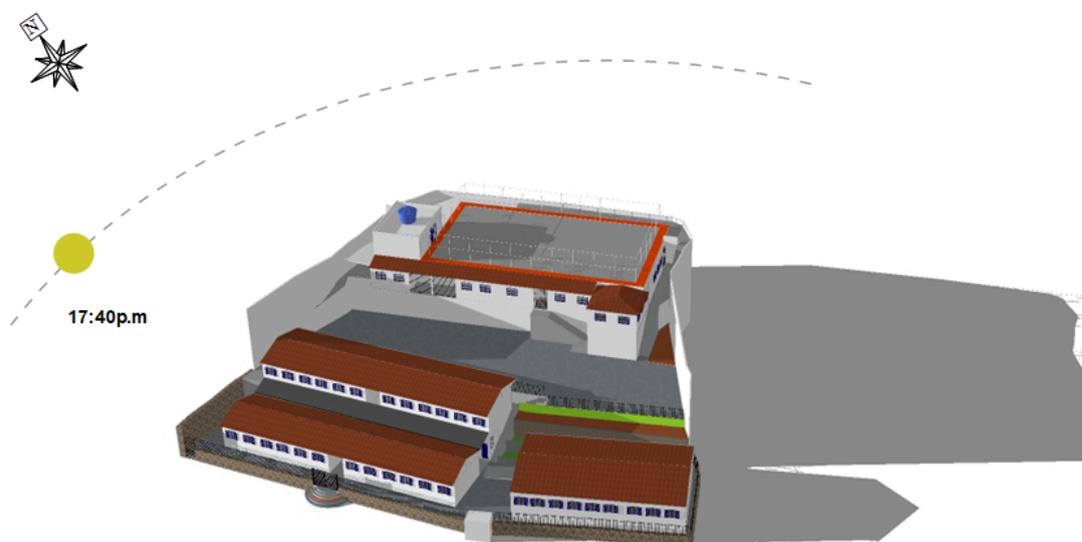
SOLSTÍCIO DE VERÃO



Fonte: Autoria própria.

Imagem 43. Solstício de verão às 17:40 p.m.

SOLSTÍCIO DE VERÃO



Fonte: Autoria própria.

Em síntese, durante o solstício de verão, a edificação recebe significativa insolação direta, especialmente nas áreas externas, que não possuem estratégias de sombreamento e conseqüentemente estão expostas ao Sol ao longo do dia.

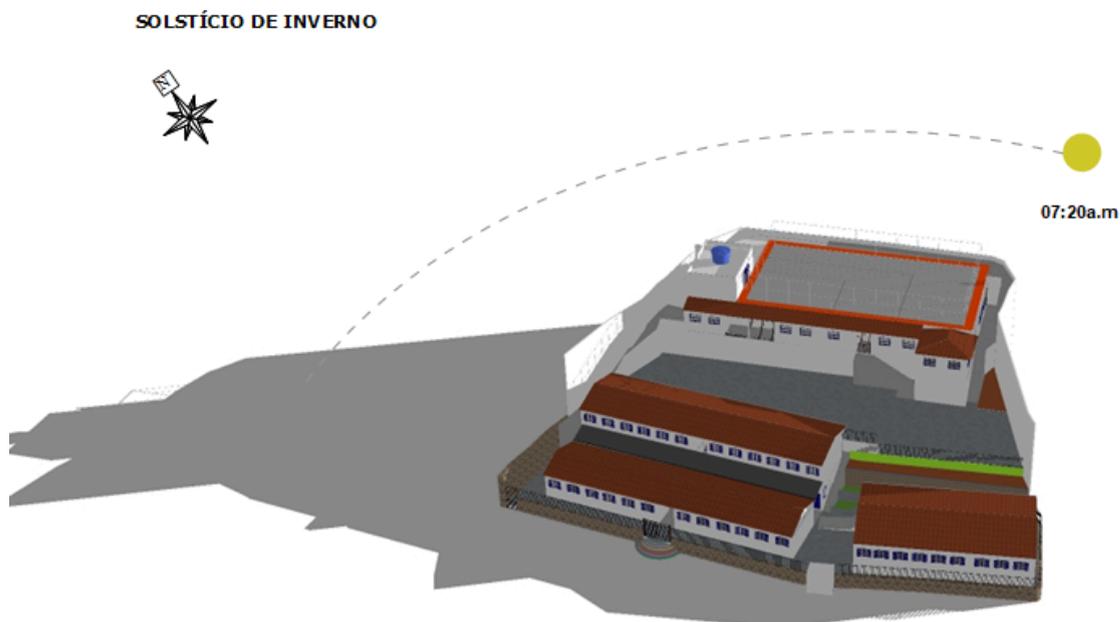
3.4.2. Solstício de inverno

No solstício de inverno, que ocorre no Brasil no dia 21 de junho e marca o princípio da estação mais fria do ano, a Terra recebe incidência solar por menos tempo, e conseqüentemente os dias são mais curtos e as noites mais longas, de acordo com a National Geographic (2023). Ainda, de acordo com a Fiocruz (2021), no solstício de inverno o Sol atinge declinação mais próxima ao norte, resultando no aumento de sombreamento em edificações voltadas ao Sul.

Em paralelo com o estudo de insolação da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão pelo software Sketchup, observou-se também o comportamento da radiação solar na edificação durante o solstício de inverno deste ano. Com isso, as imagens 44, 45 e 46 abaixo indicam o caminho solar em relação à instituição em três horários distintos: 07:20 a.m., 12:00 p.m. e 16:30 p.m.

Primeiramente, o período da manhã indica que a insolação direta ocorre apenas na quadra, enquanto os demais níveis não recebem radiação solar direta. Desse modo, o sol da manhã é aproveitado apenas pelo último nível de todo o conjunto da edificação, como evidenciado na imagem 44.

Imagem 44. Solstício de inverno às 07:20 a.m.

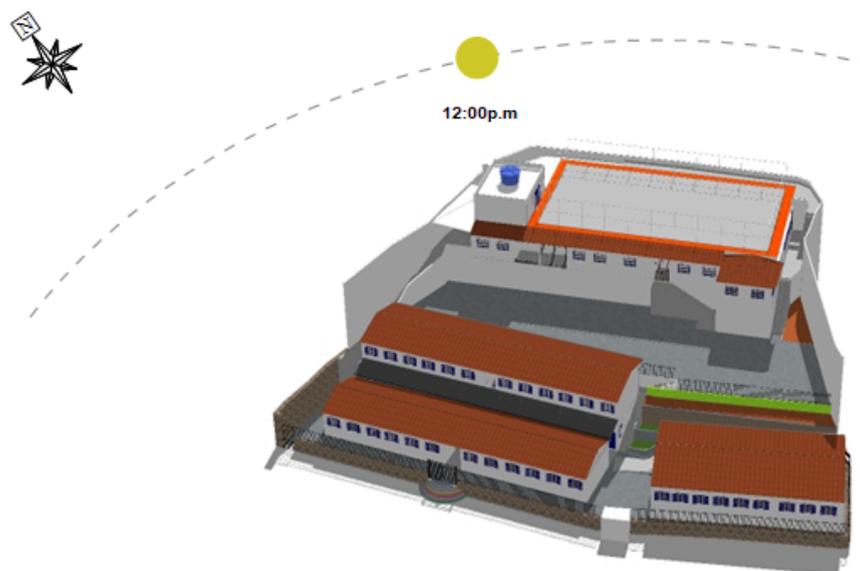


Fonte: Autoria própria.

Por sua vez, o início da tarde é marcado por radiação solar direta em quase todos os níveis da edificação, sendo que apenas o pátio apresenta um percentual de sombreamento voltado para o sul, característica comum do fenômeno abordado, conforme indicado na imagem 45. Por último, ao fim da tarde nota-se que todos os níveis da edificação encontram-se sombreados, com incidência solar direta apenas na quadra, conforme demonstrado na imagem 46.

Imagem 45. Solstício de inverno às 12:00 p.m.

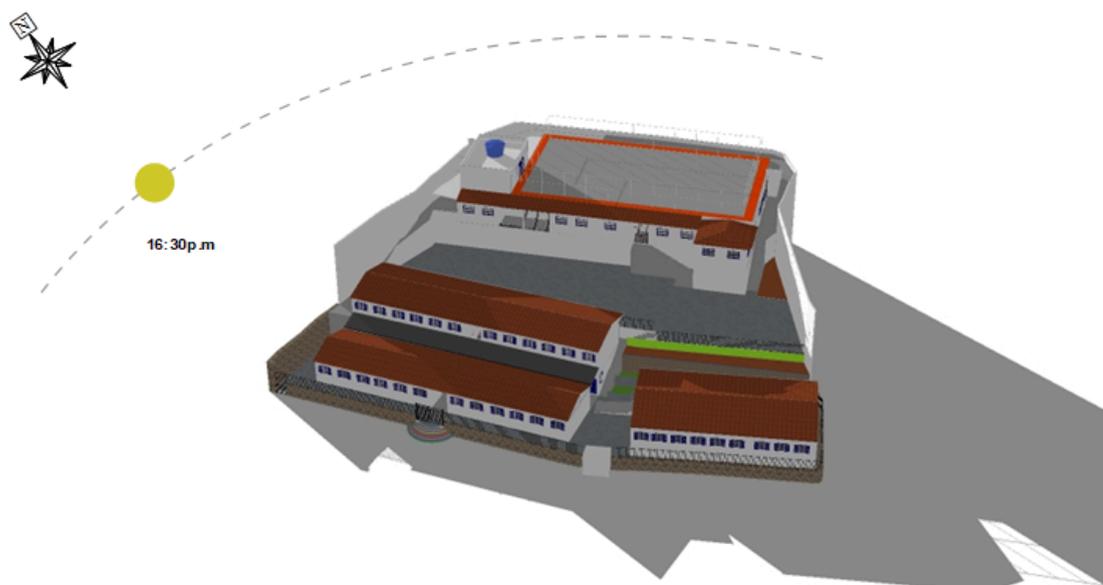
SOLSTÍCIO DE INVERNO



Fonte: Autoria própria.

Imagem 46. Solstício de inverno às 16:30 p.m.

SOLSTÍCIO DE INVERNO



Fonte: Autoria própria.

Sinteticamente, a edificação possui nível de sombreamento elevado durante o solstício de inverno, principalmente devido ao seu direcionamento ao sul. Dessa forma, apenas a quadra aproveita a luz solar direta durante esse período.

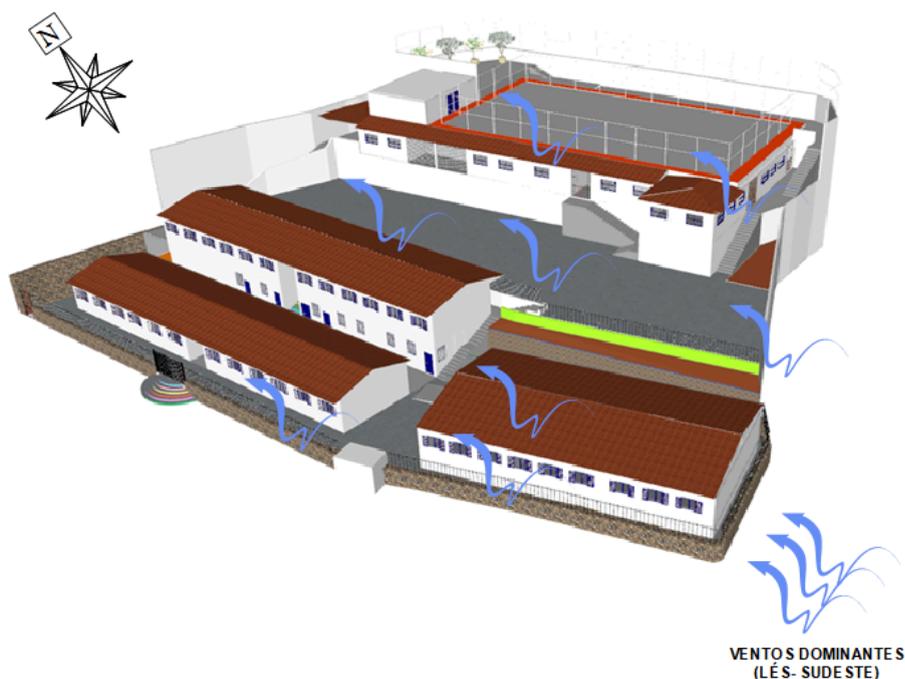
3.4.3. Análise de ventilação

Os ventos dominantes apresentam maior frequência em uma determinada localidade no decorrer do ano, de acordo com Reboita *et al.* (2015). Dessa forma, compreender sua direção e intensidade é fundamental para definir diretrizes projetuais e compreender o desempenho térmico de uma edificação.

Assim, por meio do aplicativo Windy (2017), notou-se que os ventos dominantes que interceptam a Escola Municipal Professora Juventina Drummond têm o sentido leste-sudeste, como indicado na figura abaixo. Com isso, nota-se que as fachadas nordeste e sudoeste, compostas por número elevado de esquadrias, recebem ventilação direta.

A imagem 47 abaixo ilustra a manifestação dos ventos dominantes na volumetria da edificação como um todo.

Imagem 47. Direção dos ventos dominantes na volumetria da edificação.



Fonte: Autoria própria.

3.4.4. Diagramas térmicos e diagramas de ventilação

A partir da análise de radiação solar nos volumes da edificação durante os solstícios de verão e de inverno, bem como, dos resultados de sensação térmica de cada ambiente obtidos através do formulário distribuído aos funcionários da escola, foram elaborados diagramas térmicos dos ambientes que compõem a edificação durante ambos períodos. Os diagramas foram elaborados por meio do software Layout.

Nos diagramas a coloração avermelhada foi utilizada em ambientes que provocam sensação de calor, por sua vez, a coloração azulada foi aplicada em locais que transmitem sensação fria. Além disso, foram elaborados diagramas de ventilação tomando como referência a direção dos ventos dominantes, visando entender melhor a circulação do ar. Dessa forma, será possível compreender o desempenho térmico de cada espaço que compõe a edificação com mais clareza.

Todos os diagramas foram elaborados considerando a setorização de cada nível. A imagem 48 representa esses níveis através de blocos com cores distintas. A partir disso, torna-se possível a elaboração da análise de cada ambiente e, posteriormente, a comparação de seu desempenho térmico durante os períodos de verão e inverno, tal como a contribuição da circulação do ar para os resultados obtidos.

Imagem 48. Setorização dos blocos.



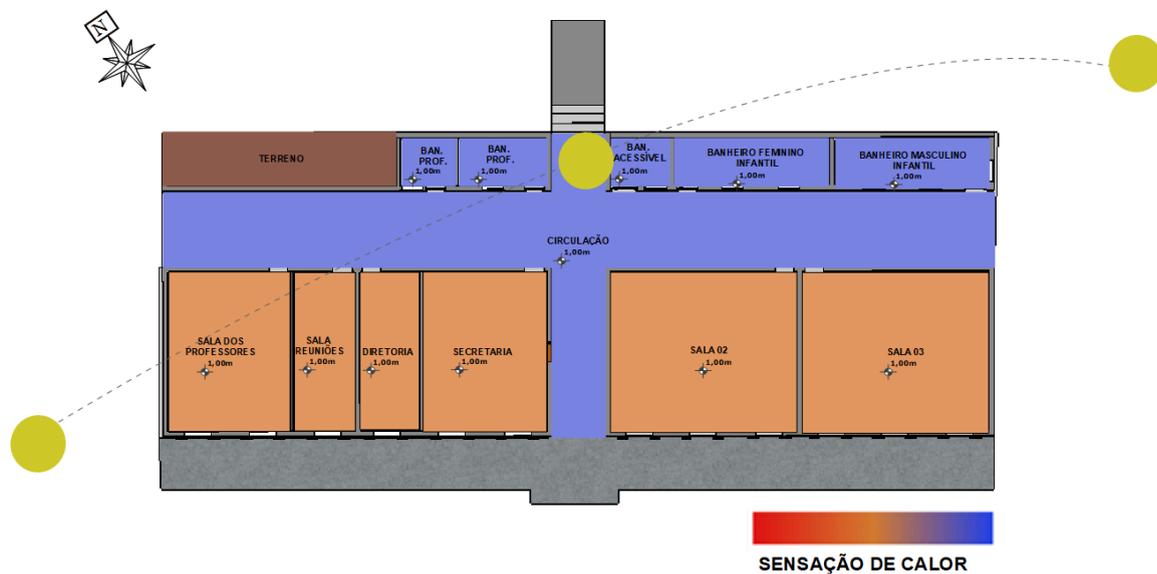
Fonte: Autoria própria.

Inicialmente, ao elaborar o comparativo do desempenho térmico dos ambientes no nível 1 através dos resultados em entrevistas com usuários, notamos que durante o verão o setor administrativo da escola, tal como as salas de aula são mais quentes, enquanto o espaço de circulação e banheiros apresentam sensação térmica fria, conforme ilustrado na imagem 49.

Imagem 49. Diagrama térmico do nível 1- Solstício de verão

DIAGRAMA TÉRMICO NÍVEL 1 - SOLSTÍCIO DE VERÃO

Escala 1:20



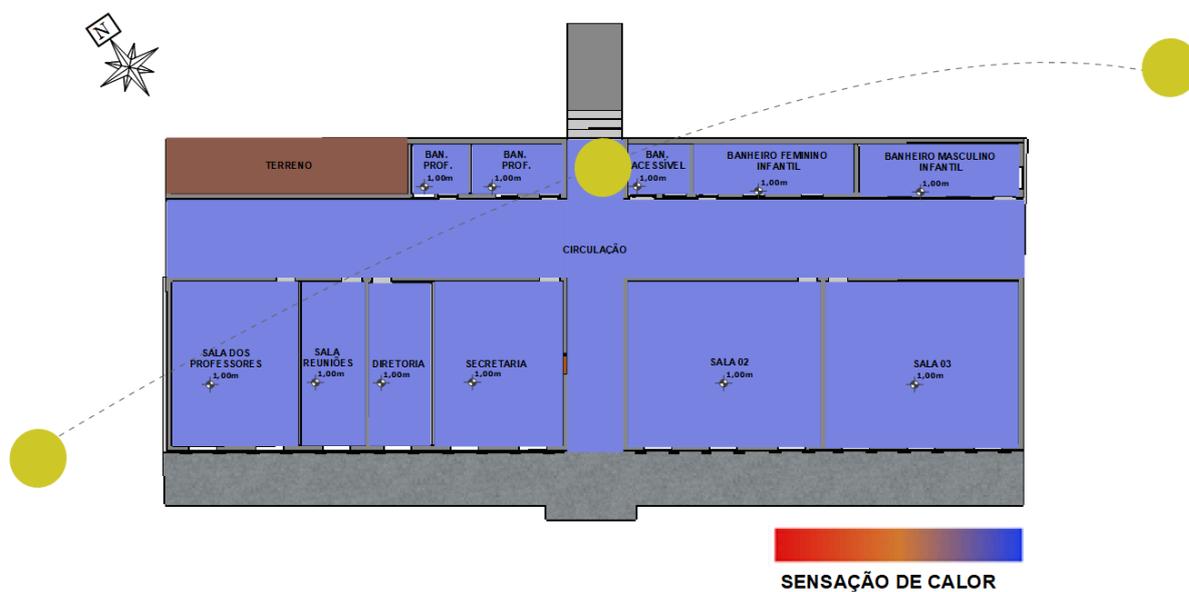
Fonte: Autoria própria.

Ainda, na imagem 50 nota-se que durante o inverno todos os ambientes apresentam sensação térmica fria.

Imagem 50. Diagrama térmico do nível 1- Solstício de inverno

DIAGRAMA TÉRMICO NÍVEL 1 - SOLSTÍCIO DE INVERNO

Escala 1:20



Fonte: Autoria própria.

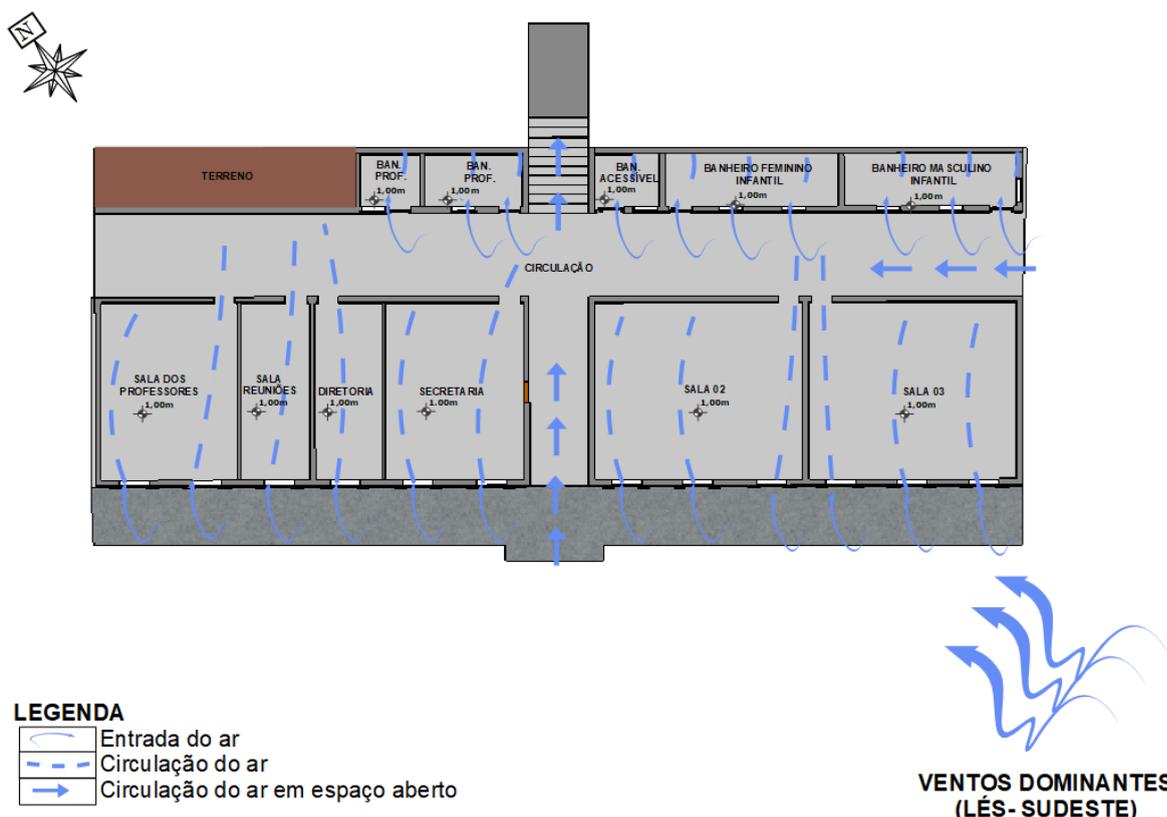
Ao analisar o diagrama de circulação do ar pelos ambientes, ilustrado na imagem 51, notamos que as salas que possuem sensação térmica elevada durante o verão, apresentam ventilação cruzada limitada.

Neste contexto, embora a fachada frontal receba grande incidência de ventos, sua vedação oposta carece de aberturas adequadas, como esquadrias ou vazios, o que compromete a eficiência da ventilação natural nos ambientes. Além disso, apesar de não transmitirem sensação de calor, nota-se que os banheiros também possuem esquadrias em apenas uma de suas vedações, prejudicando o fluxo do ar.

Imagem 51. Diagrama de ventilação - Nível 1

ANÁLISE DE VENTILAÇÃO- NÍVEL 1

Escala 1:20



Fonte: Autoria própria.

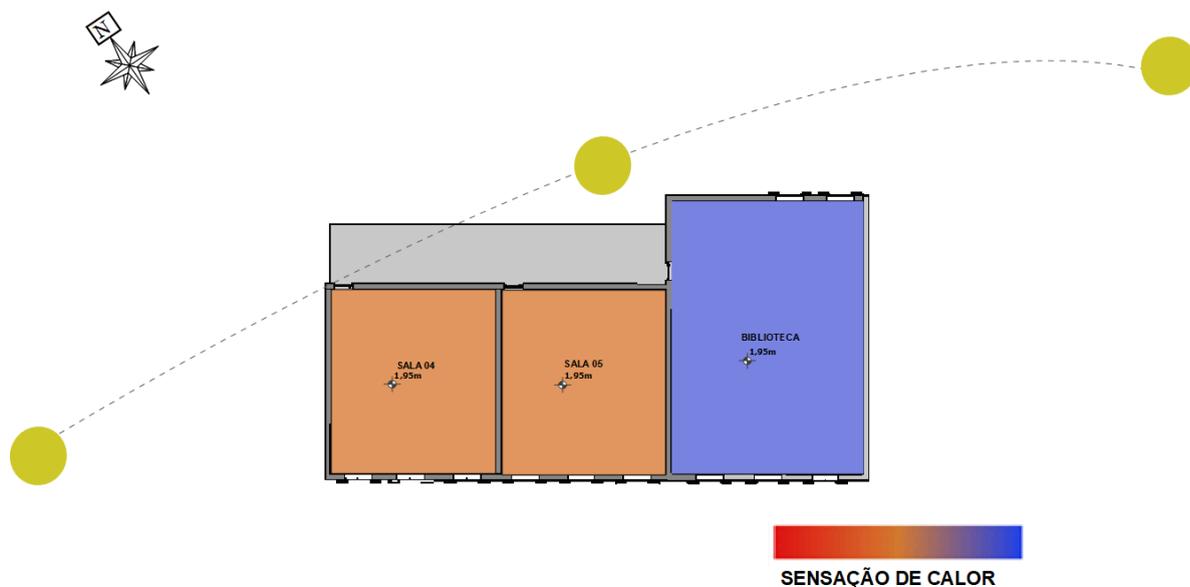
Partindo para uma análise do segundo nível, através da imagem 52, observa-se que as salas de aula apresentam sensação de aquecimento durante o verão, enquanto a biblioteca mantém sensação fresca mesmo durante o período de

calor. Isso ocorre pois as salas de aula não possuem esquadrias na face oposta, e portanto, a ventilação cruzada não ocorre. Em oposição, na biblioteca nota-se a presença de esquadrias em duas vedações distintas, o que possibilita o fluxo do ar

Imagem 52. Diagrama térmico do nível 2- Solstício de verão

DIAGRAMA TÉRMICO NÍVEL 2 - SOLSTÍCIO DE VERÃO

Escala 1:20



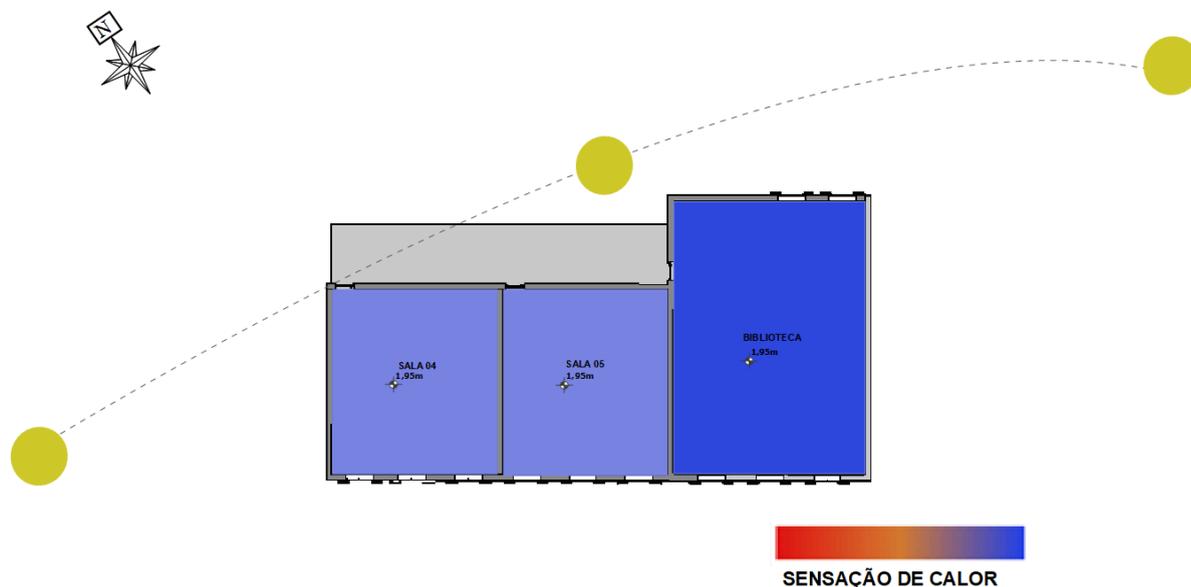
Fonte: Autoria própria.

Além disso, por meio da imagem 53 é possível observar que no período de inverno, as salas de aula transmitem sensação fria, sendo essa sensação acentuada na biblioteca, conforme representado no diagrama.

Imagem 53. Diagrama térmico do nível 2- Solstício de inverno

DIAGRAMA TÉRMICO NÍVEL 2 - SOLSTÍCIO DE INVERNO

Escala 1:20



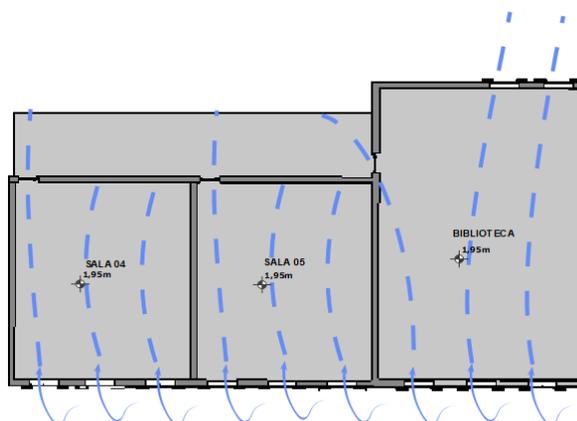
Fonte: Autoria própria.

O diagrama de ventilação, apresentado na imagem 54, indica que as salas de aula deste nível também apresentam ventilação cruzada limitada, repetindo a mesma condição observada nos ambientes do nível 1. Neste contexto, ainda que a face frontal receba grande incidência dos ventos dominantes, a ausência de aberturas e esquadrias na face oposta prejudica o fluxo do ar. Quando analisamos a biblioteca, nota-se que há presença de ventilação cruzada, o que favorece a sensação térmica estável do ambiente no verão, mas intensifica a sensação térmica fria durante o inverno.

Imagem 54. Diagrama de ventilação - Nível 2.

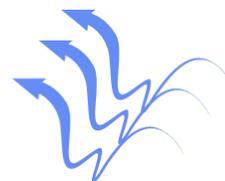
ANÁLISE DE VENTILAÇÃO- NÍVEL 2

Escala 1:20



LEGENDA

	Entrada do ar
	Circulação do ar
	Circulação do ar em espaço aberto



**VENTOS DOMINANTES
(LÉS- SUDESTE)**

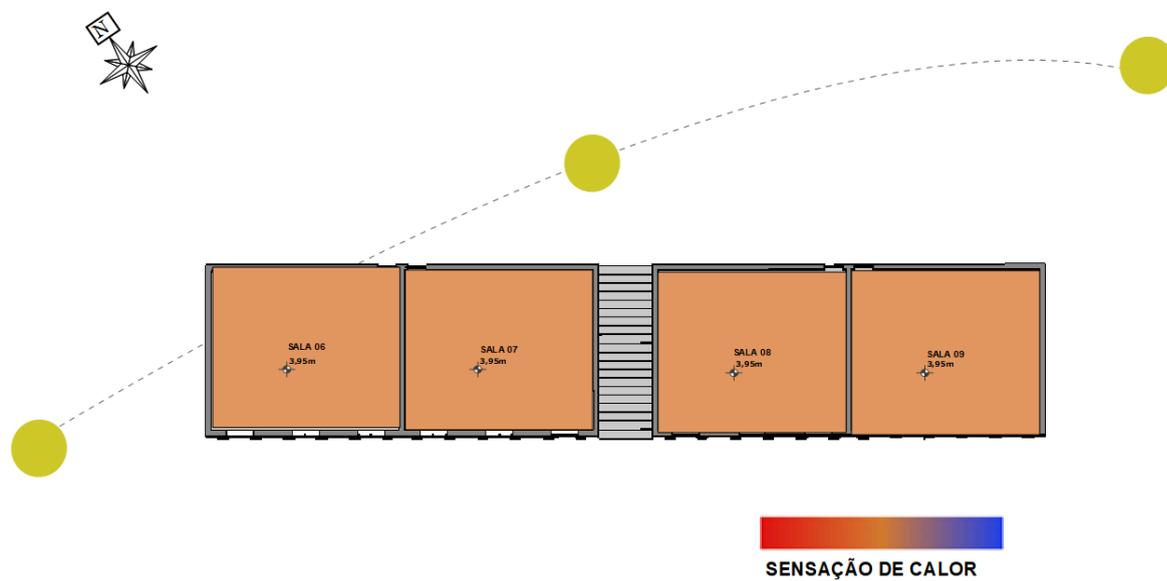
Fonte: Autoria própria.

Na sequência, ao analisarmos o nível 3, observa-se que o mesmo apresenta sensação térmica elevada durante o verão, e sensação de frio nos períodos de inverno, conforme ilustrado nas imagens 55 e 56.

Imagem 55. Diagrama térmico do nível 3- Solstício de verão

DIAGRAMA TÉRMICO NÍVEL 3 - SOLSTÍCIO DE VERÃO

Escala 1:20

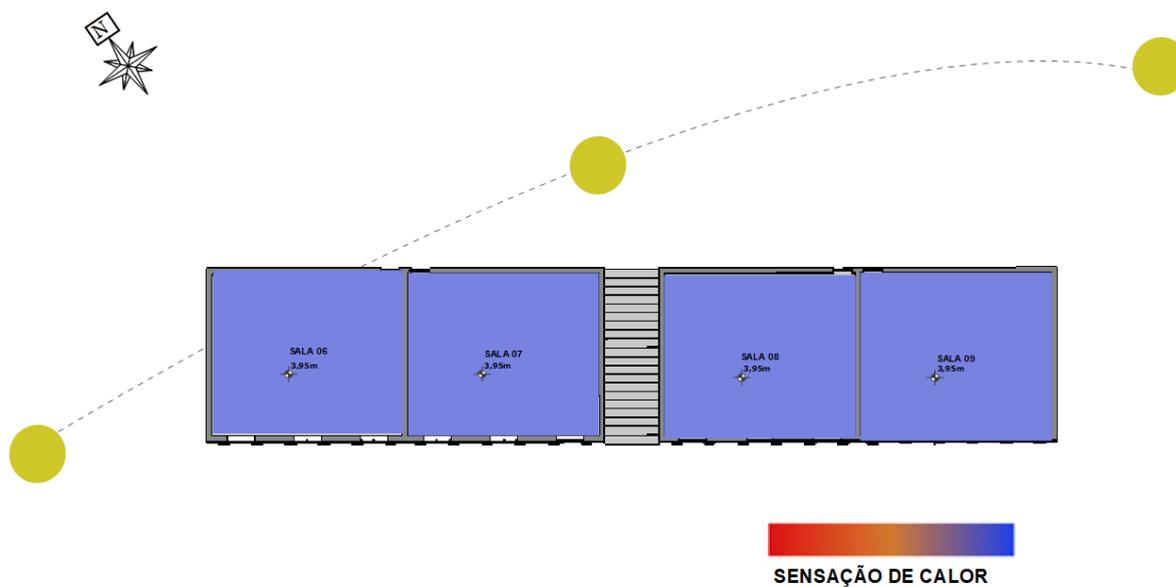


Fonte: Autoria própria.

Imagem 56. Diagrama térmico do nível 3- Solstício de inverno

DIAGRAMA TÉRMICO NÍVEL 3 - SOLSTÍCIO DE INVERNO

Escala 1:20



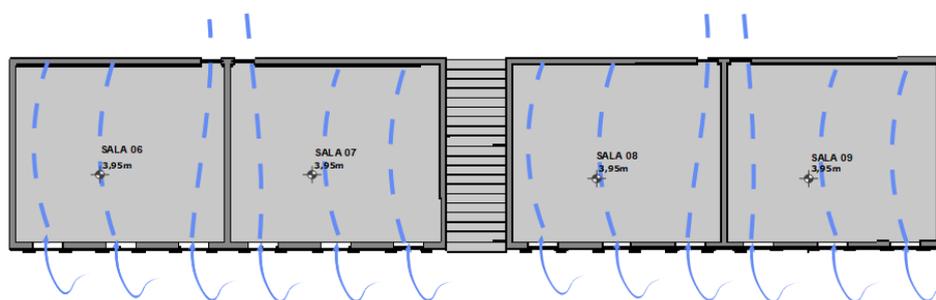
Fonte: Autoria própria.

Quanto à ventilação, o bloco deste nível repete a mesma limitação imposta às salas dos níveis 1 e 2: alta incidência dos ventos na fachada frontal, e ausência de esquadrias nas demais faces para que haja a ventilação cruzada, comprometendo o ciclo de renovação do ar, como representado na imagem 57.

Imagem 57. Diagrama de ventilação - Nível 3

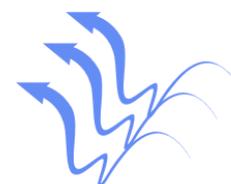
ANÁLISE DE VENTILAÇÃO- NÍVEL 3

Escala 1:20



LEGENDA

	Entrada do ar
	Circulação do ar
	Circulação do ar em espaço aberto

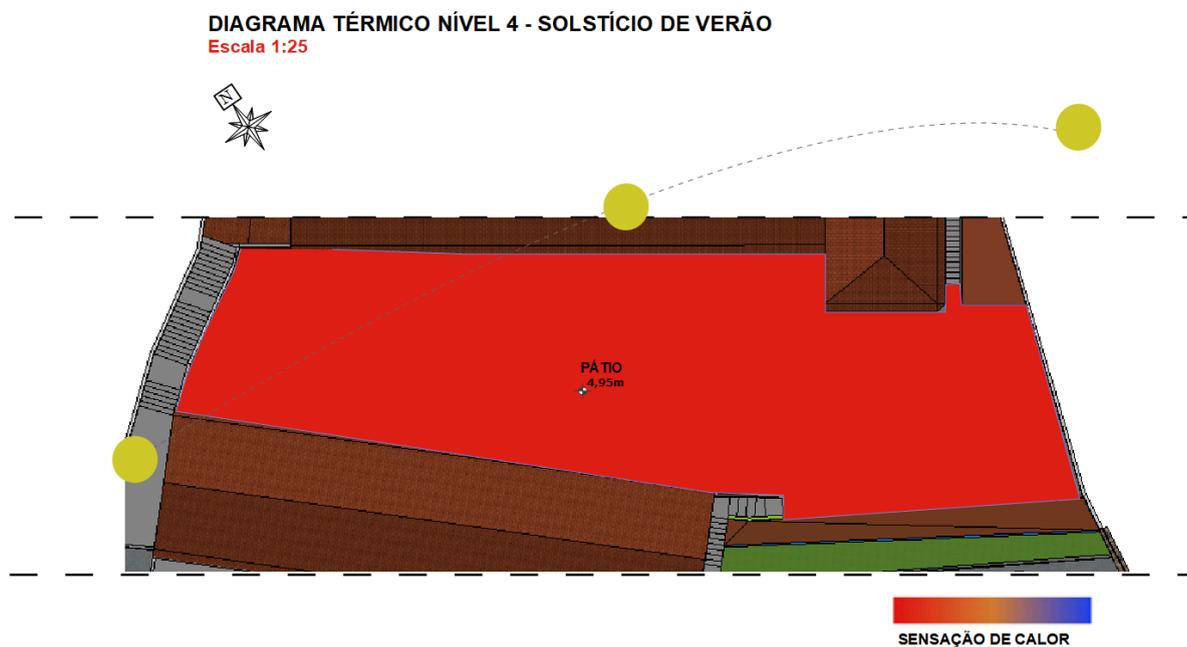


**VENTOS DOMINANTES
(LÉS- SUDESTE)**

Fonte: Autoria própria.

No nível 4, onde está localizado o pátio escolar, a sensação térmica é bastante elevada nos dias quentes, conforme ilustra a imagem 58, o que pode ser atribuído à ausência de coberturas ou sombreamentos nesse ambiente, e consequentemente à recepção de radiação solar direta, conforme ilustrado no caminho solar em torno da edificação durante o solstício de verão.

Imagem 58. Diagrama térmico do nível 4- Solstício de verão



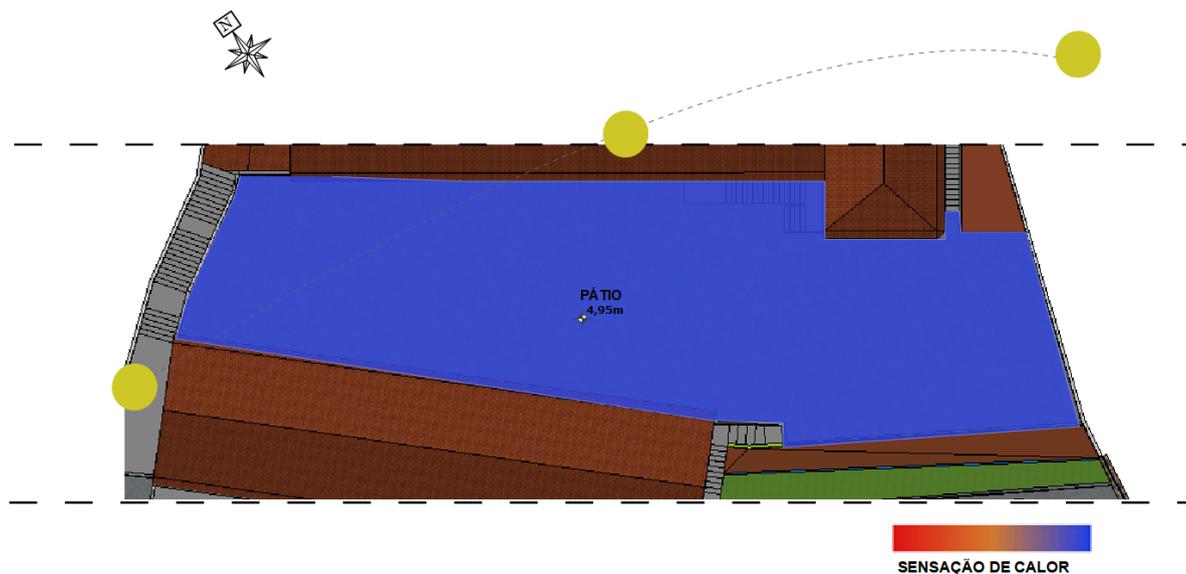
Fonte: Autoria própria.

Já durante o inverno, a área apresenta sensação térmica muito fria, justificada pela perda de insolação devido à mudança de estação, tal como pela exposição direta aos ventos, uma vez que o ar circula livremente por todo o ambiente. Na imagem 59, é possível notar a representação do diagrama de sensação térmica durante o inverno, e na imagem 60 nota-se que o fluxo dos ventos é intenso nesse ambiente.

Imagem 59. Diagrama térmico do nível 4- Solstício de inverno

DIAGRAMA TÉRMICO NÍVEL 4 - SOLSTÍCIO DE INVERNO

Escala 1:25

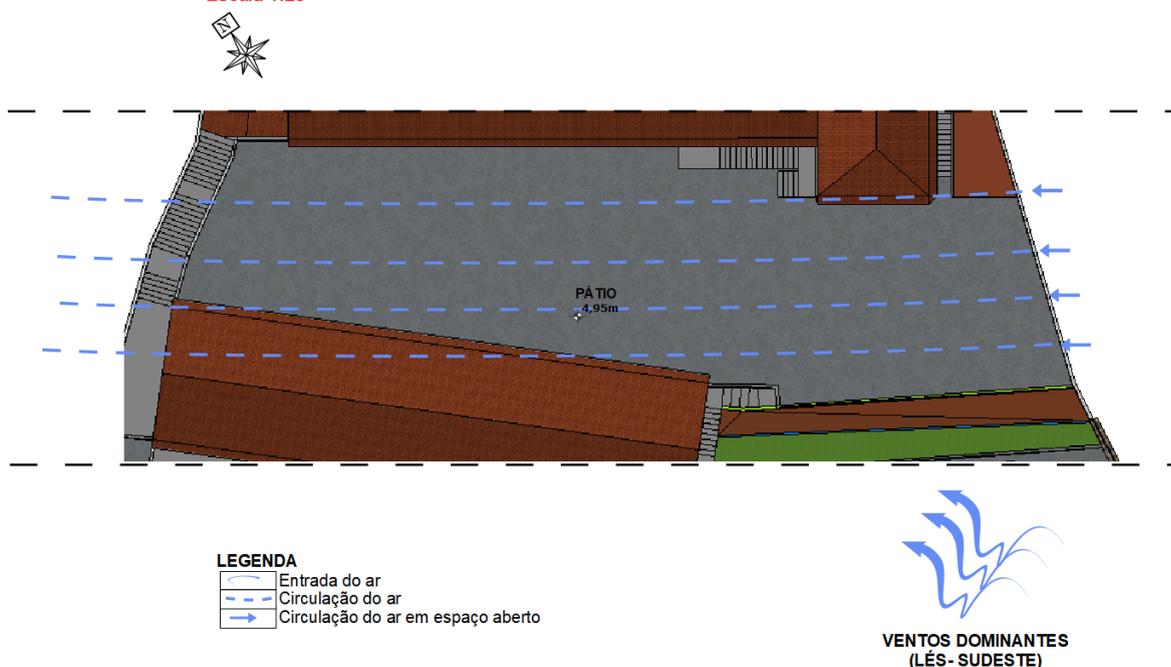


Fonte: Autoria própria.

Imagem 60. Diagrama de ventilação - Nível 4

ANÁLISE DE VENTILAÇÃO- NÍVEL 4

Escala 1:25



Fonte: Autoria própria.

Ao analisarmos o nível 5, observou-se que no verão o refeitório apresenta sensação térmica elevada, conforme demonstra a imagem 61. Ao examinarmos o diagrama de ventilação (imagem 60) notamos que a ventilação cruzada ocorre de maneira limitada para o tamanho desse espaço, na medida em que há esquadrias para circulação do ar apenas na face lateral. Através das setas, é possível notar que o fluxo de ventilação não é suficiente para atravessar o ambiente por completo, o que dificulta a renovação do ar.

Ainda no período do verão, as salas 10, 12 e 14 também apresentam sensação de calor. Por meio da imagem 63, que ilustra o diagrama de fluxo do ar nesses ambientes, é possível observar que eles possuem uma das faces de circulação do ar voltadas para corredores internos, provocando a permanência do ar quente nos ambientes, e conseqüentemente, o aumento da temperatura. Em síntese, os ambientes localizados no nível 5, tendem a apresentar temperaturas elevadas devido a ausência de aberturas voltadas para faces externas.

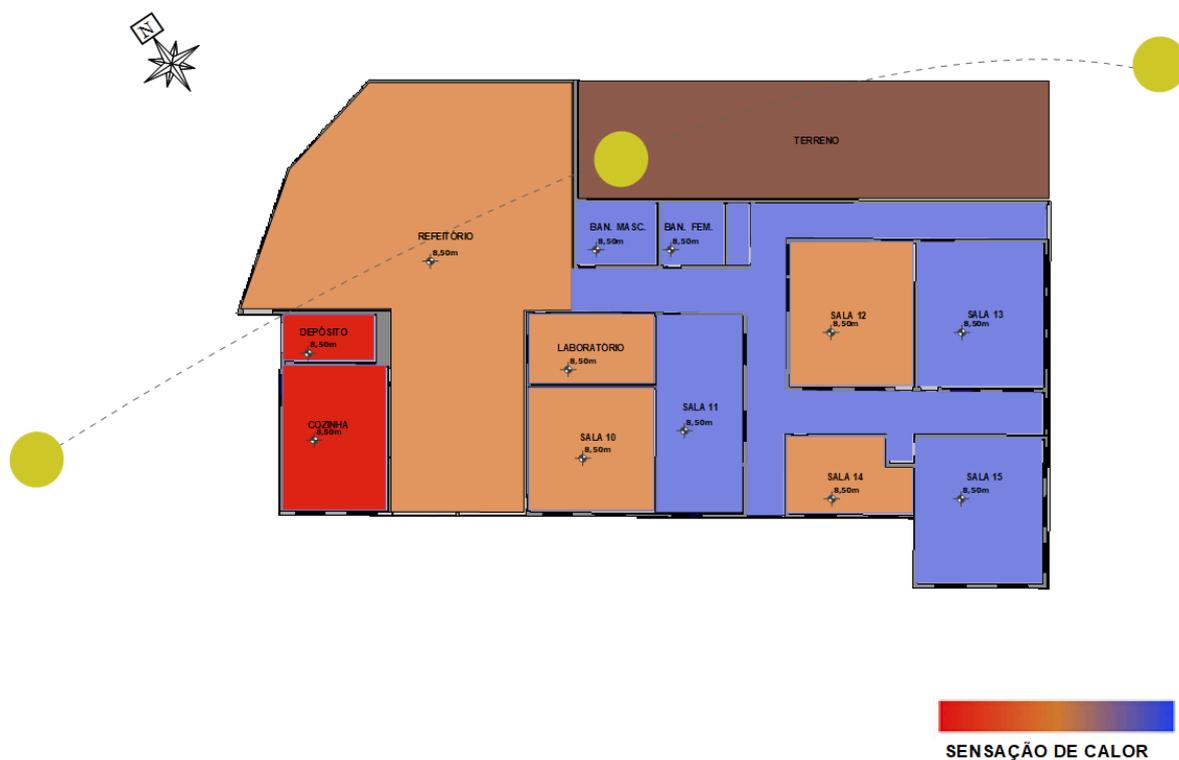
Por sua vez, nota-se que a cozinha apresenta temperaturas elevadas durante todo o ano. Isso ocorre devido a ventilação cruzada limitada do ambiente, como demonstra a imagem 63, tal como pela finalidade do próprio ambiente, que naturalmente gera calor devido ao uso de equipamentos e processo de cocção. Além disso, o depósito, espaço anexo à cozinha, sofre influência térmica direta da mesma, tornando-se também, um cômodo quente.

De um modo geral, nota-se que durante o inverno os ambientes apresentam queda na temperatura, conforme indicado pela imagem 62, devido às temperaturas amenas registradas na cidade durante este período, com exceção da cozinha, devido a funcionalidade do próprio ambiente.

Imagem 61. Diagrama térmico do nível 5- Solstício de verão

DIAGRAMA TÉRMICO NÍVEL 5 - SOLSTÍCIO DE VERÃO

Escala 1:25

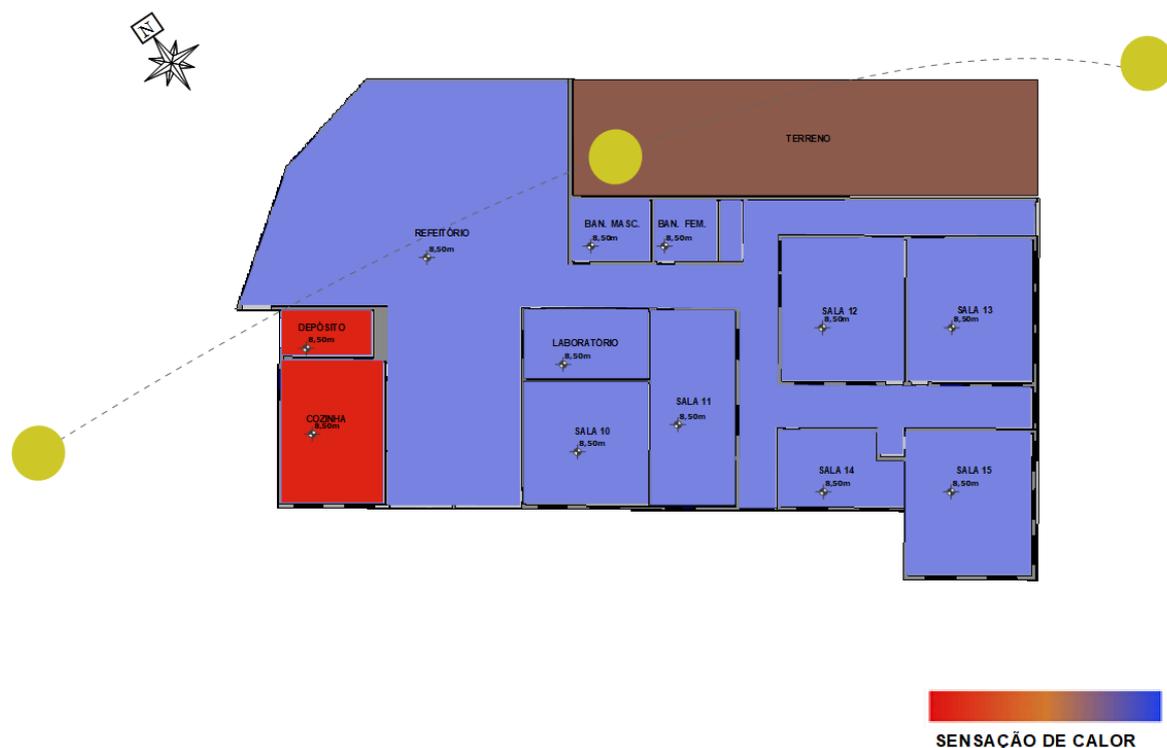


Fonte: Autoria própria.

Imagem 62. Diagrama térmico do nível 5- Solstício de inverno

DIAGRAMA TÉRMICO NÍVEL 5 - SOLSTÍCIO DE INVERNO

Escala 1:25

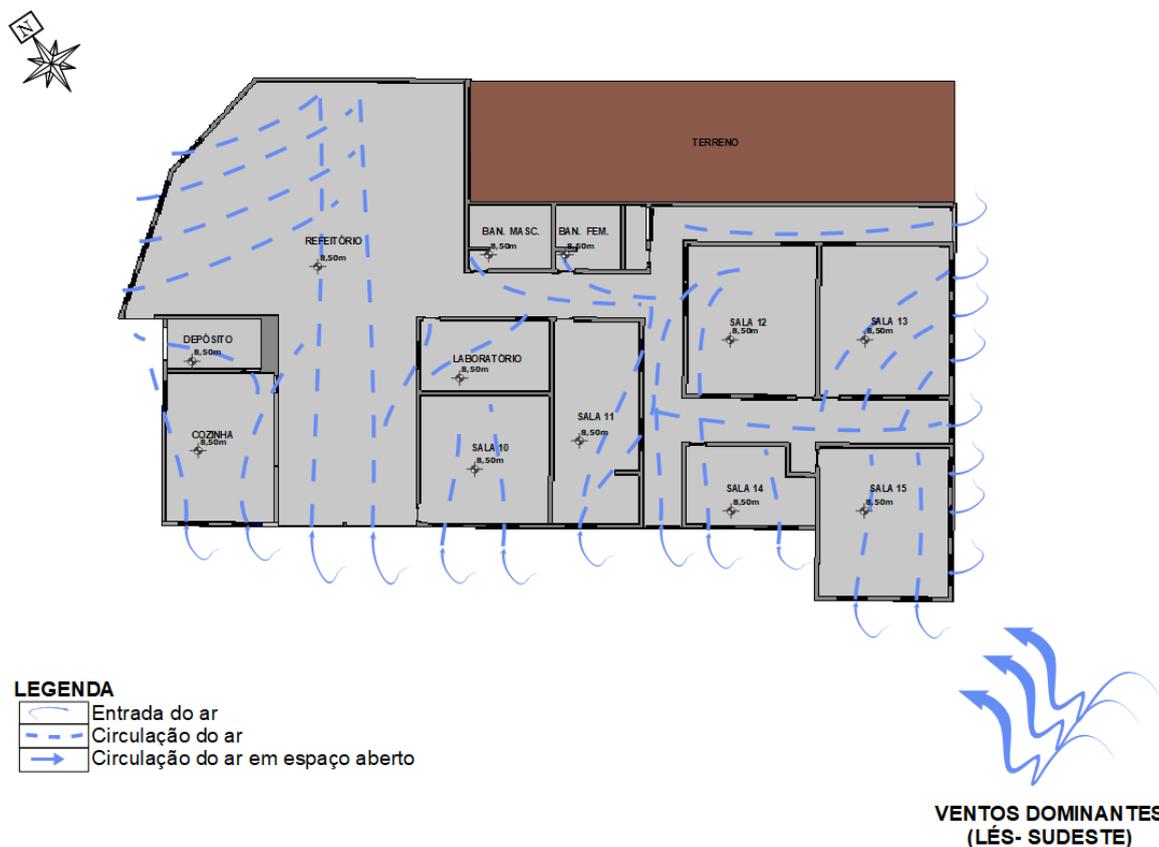


Fonte: Autoria própria.

Imagem 63. Diagrama de ventilação - Nível 5

ANÁLISE DE VENTILAÇÃO- NÍVEL 5

Escala 1:25



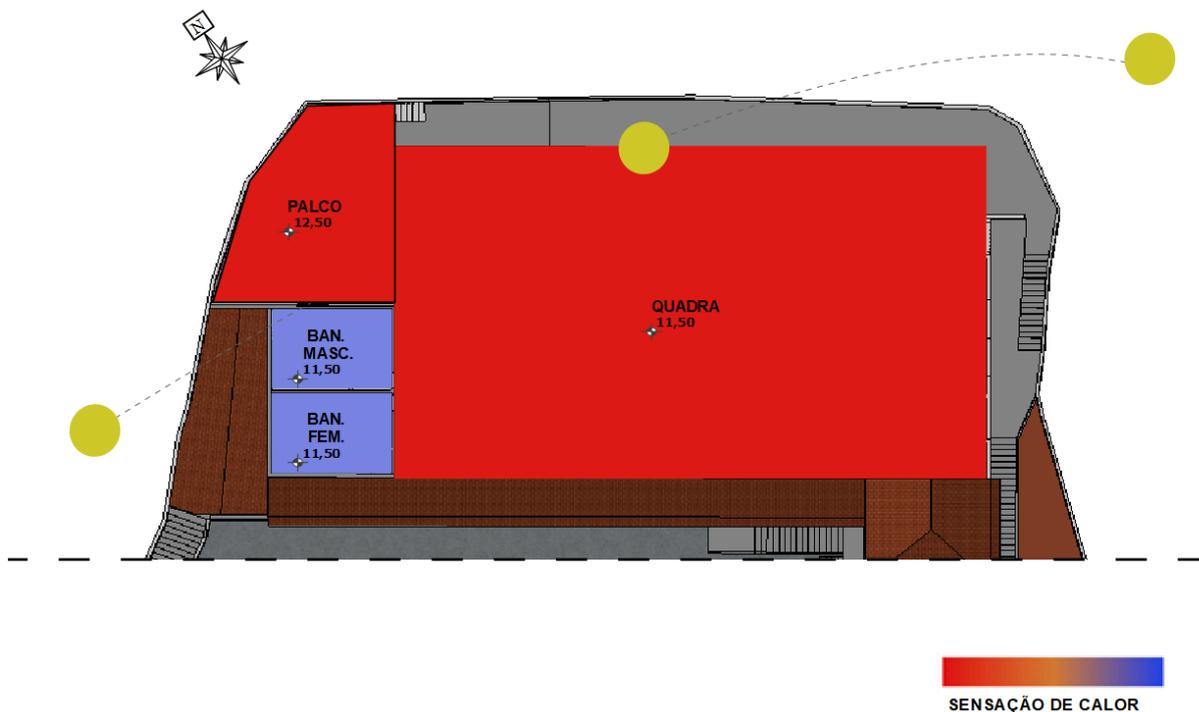
Fonte: Autoria própria.

Por fim, analisamos o nível 6, no qual está localizada a quadra esportiva, banheiros e o palco da escola. Num primeiro momento, nota-se que a incidência solar direta representada na imagem 64 durante o solstício de verão, reflete de maneira significativa no aumento da temperatura da quadra e do palco, que não possuem cobertura ou vedações para gerar sombreamento ao seu redor. Os banheiros deste nível, apesar de possuírem ventilação cruzada limitada, conforme ilustrado na figura 66, não registram altas temperaturas durante o período de calor.

Imagem 64. Diagrama térmico do níveis 6 e 7- Solstício de verão

DIAGRAMA TÉRMICO NÍVEL 6 - SOLSTÍCIO DE VERÃO

Escala 1:25



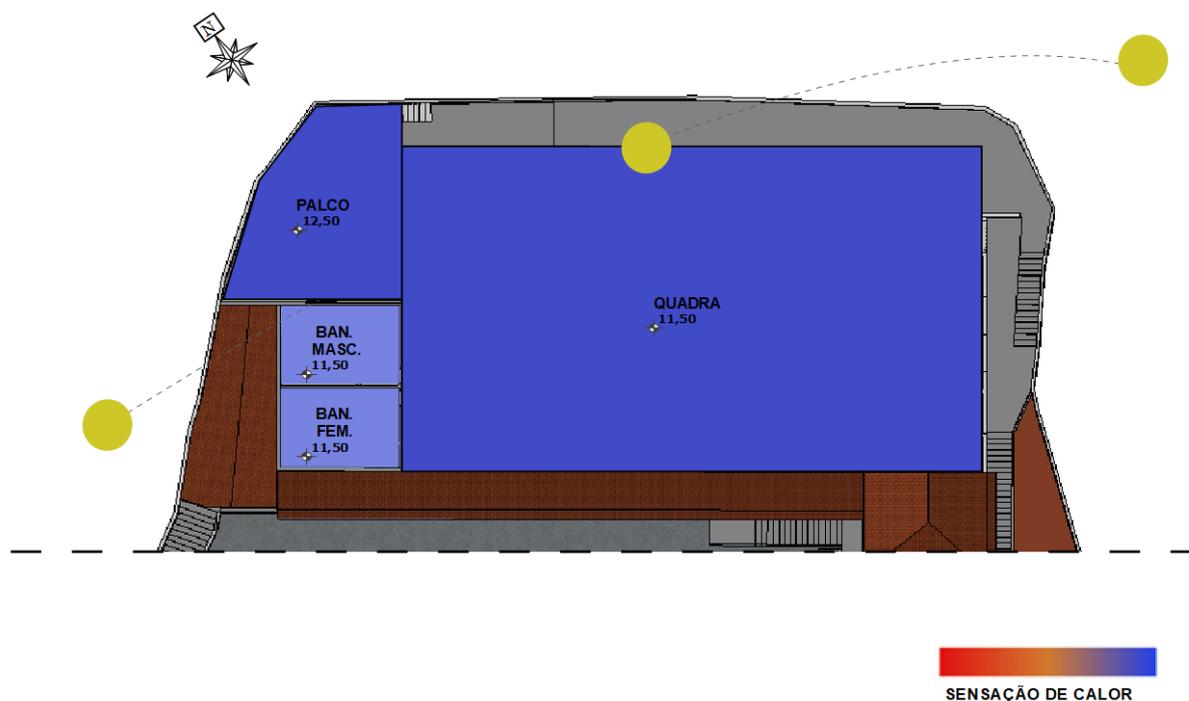
Fonte: Autoria própria.

No inverno, como demonstra a imagem 65, os banheiros mantêm temperatura razoável, possivelmente por estarem delimitados por vedações. Ainda, nota-se que a quadra apresenta sensação térmica muito fria, o que se deve à ausência de vedações ou coberturas que controlem o fluxo dos ventos, bem como, à baixa incidência solar durante o solstício de inverno.

Imagem 65. Diagrama térmico do níveis 6 e 7- Solstício de inverno

DIAGRAMA TÉRMICO NÍVEL 6 - SOLSTÍCIO DE INVERNO

Escala 1:25

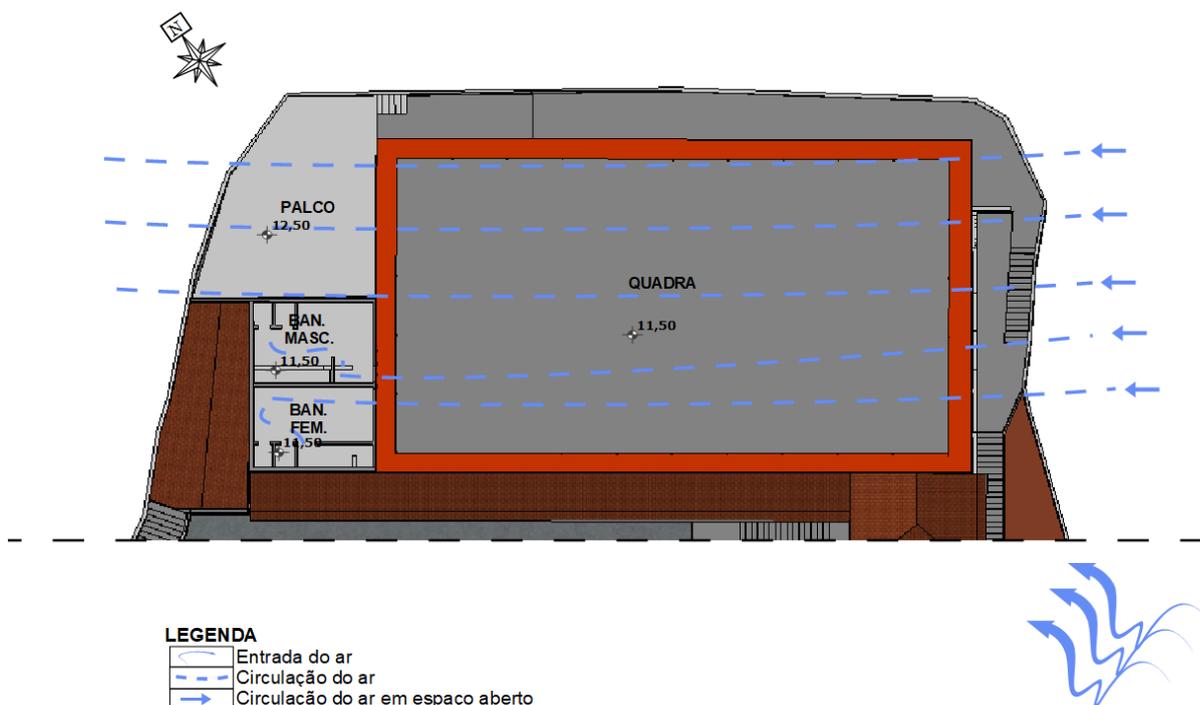


Fonte: Autoria própria.

Imagem 66. Diagrama de ventilação - Níveis 6 e 7

ANÁLISE DE VENTILAÇÃO- NÍVEL 6

Escala 1:25



**VENTOS DOMINANTES
(LÉS- SUDESTE)**

Fonte: Autoria própria.

No contexto deste trabalho, a área permeável indicada anteriormente não será objeto de estudo, e, portanto, não serão propostas intervenções para este local. A decisão se justifica por tratar-se de uma porção naturalmente íngreme do terreno, sem infraestrutura e acessos adequados, conforme apontado nos formulários aplicados aos funcionários da escola. Com isso, optou-se por manter essa área em seu estado natural, evitando intervenções que possam gerar impacto na infraestrutura, ou custos incompatíveis com a realidade da escola. As imagens a seguir ilustram a área em questão.

Imagens 67, 68 e 69. Área permeável da Escola Municipal Professora Juventina Drummond.



Fonte: Autoria própria.

Ante o exposto, é possível constatar que o setor administrativo, algumas salas de aula, cozinha, refeitório, pátio e quadra necessitam de adaptações para melhor desempenho térmico e habitabilidade da edificação estudada. Neste contexto, considerando as limitações inerentes à edificações da rede pública municipal, como recursos financeiros reduzidos, infraestrutura consolidada e processos burocráticos mais rígidos, torna-se essencial buscar por intervenções de baixo impacto, que sejam acessíveis e de fácil implementação. Sendo assim, as Soluções Baseadas na Natureza (SBN) surgem com abordagem promissora, devido às diretrizes de baixo impacto ambiental, baixo custo e alta eficiência.

4 PROPOSTA DE ADAPTAÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA A ESCOLA

4.1. Classificação das Soluções Baseadas na Natureza

As soluções baseadas na natureza despontam como estratégias inovadoras para a adaptação de edificações pré-existentes. De acordo com a WRI Brasil (2022), as SBN's são soluções inspiradas e apoiadas na natureza, que visam proporcionar benefícios ambientais, sociais e econômicos, colaborando para a adaptação climática de maneira resiliente. Eggermont (2015) define as Soluções baseadas na natureza em três tipos:

- Tipo 1: mínima intervenção nos ecossistemas, visando manter ou melhorar o funcionamento ecossistêmico. Dessa maneira, os ecossistemas preservados (unidades de conservação, reserva da biosfera, entre outros) são capazes de proporcionar melhorias a outros ambientes;
- Tipo 2: abordagens de manejo que desenvolvem paisagens sustentáveis e multifuncionais. Nesse sentido, são desenvolvidos protocolos para gestão e manutenção de paisagens ou terras rurais;
- Tipo 3: manejo de ecossistemas de maneira mais intrusiva, podendo criar outros ecossistemas para melhoria do desempenho. Desse modo, intervenções em escala particular (edificações ou terrenos) incluem modificações em coberturas, fachadas ou modificações de pequena escala, incluindo sala verde ou troca de mobiliário.

Neste trabalho, tomaremos como referência as Soluções Baseadas na Natureza do tipo 3, visto que a edificação analisada trata-se de uma estrutura pré-existente, cuja localização, implantação, condição construtiva e desempenho ambiental atual exigem intervenções mais consistentes para alcançar melhores níveis de conforto térmico. As soluções propostas estão diretamente vinculadas à arquitetura, sendo concebidas não apenas como estratégias ambientais, mas também como parte integrante da forma, da função e da organização espacial da escola. Dessa forma, busca-se conciliar desempenho térmico, funcionalidade e qualidade arquitetônica, evidenciando o papel central do projeto arquitetônico na promoção de ambientes escolares mais sustentáveis e adequados ao uso cotidiano.

4.2. Diretrizes de intervenção na edificação

Para a elaboração das propostas de intervenção deste trabalho, foi considerada a setorização exposta no diagrama da imagem 48, a qual divide os níveis da edificação por blocos de cores distintas. Desse modo, as decisões projetuais foram estruturadas com base nos estudos de sensação térmica e de ventilação de cada um desses blocos, com o intuito de aprimorar o desempenho térmico respeitando suas funções específicas.

De um modo geral, os ambientes internos, presentes nos níveis 1,2,3 e 5, que foram indicados como quentes nos dias de verão, possuem ventilação cruzada insuficiente ou inexistente. Dessa forma, a solução proposta para esses setores foi baseada em normas e estudos técnicos, visando a melhoria do desempenho térmico desses espaços.

De modo geral, a estratégia adotada consiste na abertura de novas esquadrias do tipo basculante, com peitoril elevado, posicionadas na face oposta às janelas existentes, com o intuito de viabilizar a ventilação cruzada de forma mais eficaz. Neste contexto, Weber et. al (2017, LabEEE-UFSC) cita que a área total necessária para ventilação cruzada deve corresponder a pelo menos 10% da área total do piso. Outrossim, Lamberts (2014) indica que janelas basculantes possuem cerca de 70% de vão útil em sua área total. Além disso, Pagel et. al (2022) destaca que a presença de aberturas superiores favorecem a remoção do ar quente, aumentando o gradiente térmico entre entrada e saída dos ventos. Por fim, Lucas (2024) descreve que esquadrias pré-fabricadas tendem a ser mais acessíveis devido à produção em massa. Desse modo, todas as referências técnicas e percentuais foram consideradas no cálculo de área útil das novas esquadrias bem como nas dimensões propostas para os setores internos, de modo a atingir os parâmetros necessários para a ventilação cruzada de modo eficiente.

Ademais, os níveis 4 e 6, compostos predominantemente por ambientes externos, apresentaram como principal impasse a ausência de sombreamento. Para esses níveis, buscou-se estratégias de sombreamento parcial por meio de vegetação, que de acordo com Jacobi et. al (2012), contribui para redução de temperatura no ambiente e melhoria do conforto térmico. Nos subcapítulos abaixo,

as intervenções propostas a cada um dos níveis da Escola Municipal Professora Juventina Drummond serão desenvolvidas de modo mais minucioso.

4.2.1. Nível 1

Inicialmente, a principal problemática identificada no nível 1 é a ausência ou ineficiência de ventilação cruzada, especialmente na sala dos professores, sala de reuniões, diretoria, secretaria e salas de aula 02 e 03. Este fator compromete a renovação do ar, e conseqüentemente provoca o superaquecimento desses locais em dias mais quentes, como identificado anteriormente no diagrama térmico da imagem 49. Nesse sentido, conforme supracitado, foram calculadas novas esquadrias para os ambientes que apresentam sensação de calor durante o verão, sendo essas de modelo basculante com dimensões disponíveis no mercado. Como abordado no subcapítulo anterior, as novas aberturas foram definidas de modo a totalizar 10% da área do piso de cada ambiente em área útil de esquadria, bem como considerou o vão útil de 70% para as janelas de modelo basculante, resultando na área útil proposta para as novas esquadrias.

A tabela abaixo reúne as principais informações de cada ambiente, contendo a área total do piso, a área útil de ventilação existente, a área total necessária para ventilação cruzada eficiente e a área das novas esquadrias, bem como suas quantidades, dimensões e peitoril. Apesar da área útil de ventilação existente na secretaria já atender ao valor mínimo de 10% da área total do piso, optou-se pela abertura de uma nova esquadria, visto que existe abertura em apenas uma face do cômodo, evitando a ocorrência de ventilação cruzada.

Tabela 2. Cálculo de novas esquadrias para o Nível 1.

CÔMODO	ÁREA DO PISO (m ²)	ÁREA ÚTIL DE VENTILAÇÃO (m ²)	ÁREA TOTAL NECESSÁRIA PARA VENTILAÇÃO CRUZADA- Considerando as duas faces (m ²)	ÁREA ÚTIL NOVA ESQUADRIA (m ²)	QUANTIDADE DE NOVAS ESQUADRIAS	DIMENSÕES DAS JANELAS BASCULANTES (m)	PEITORIL (m)
Sala dos professores	27,6	2	2,76	1,09	1	1,00x1,20	1,2
Sala de reuniões	13,8	1	1,38	0,54	1	0,80x0,70	1,7
Diretoria	13,56	1	1,36	0,51	1	0,80x0,70	1,7
Secretaria	27,84	3,28	2,78	já atende	1	0,60x0,60	1,8
Sala 02	42	3	4,20	1,71	2	1,00x1,00	1,4
Sala 03	42	3	4,20	1,71	2	1,00x1,00	1,4

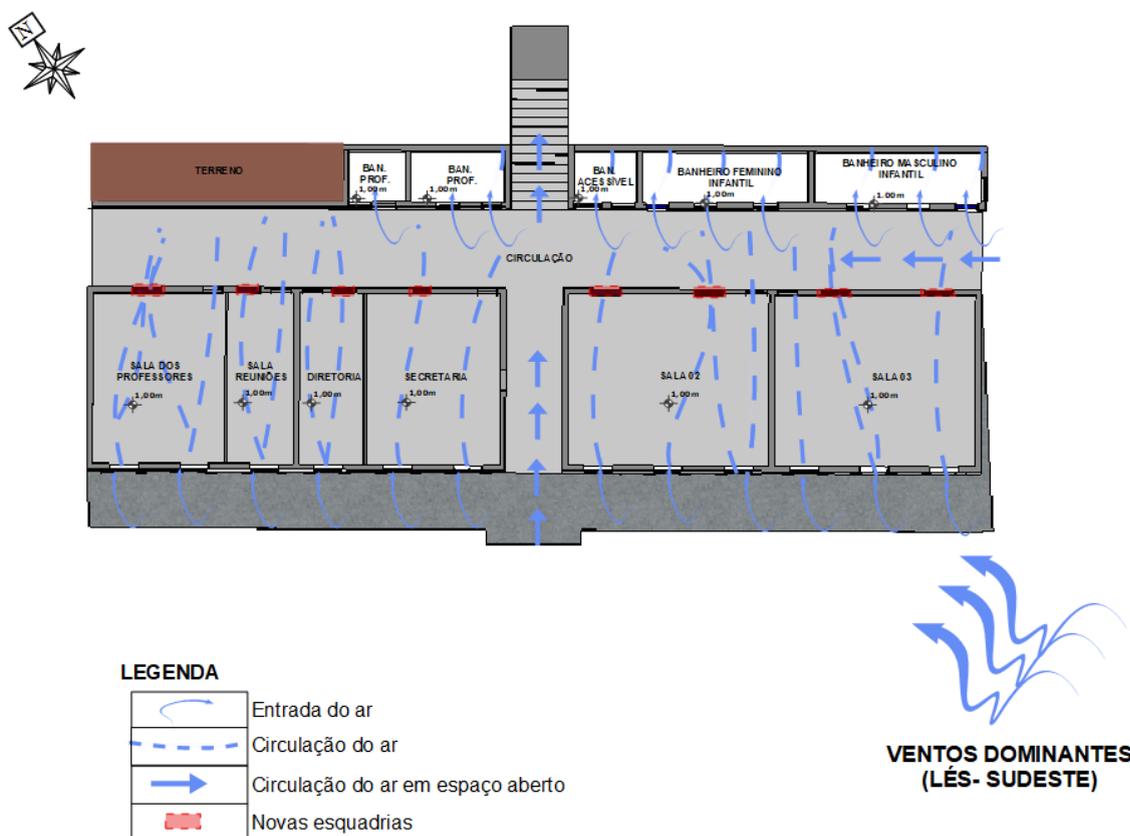
Fonte: Autoria própria.

Ao traçarmos outro diagrama de ventilação com a adição das esquadrias propostas, é possível observar que a circulação do ar ocorre de maneira mais efetiva, favorecendo sua movimentação cruzada entre as aberturas posicionadas em faces opostas. Dessa maneira, o ar quente não acumula nos ambientes, ocasionando a melhoria da qualidade do ar interno e assegurando maior conforto térmico aos alunos e funcionários da escola.

Imagem 70. Diagrama de ventilação com novas esquadrias- Nível 1.

ANÁLISE DE VENTILAÇÃO COM NOVAS ESQUADRIAS- NÍVEL 1

Escala 1:20



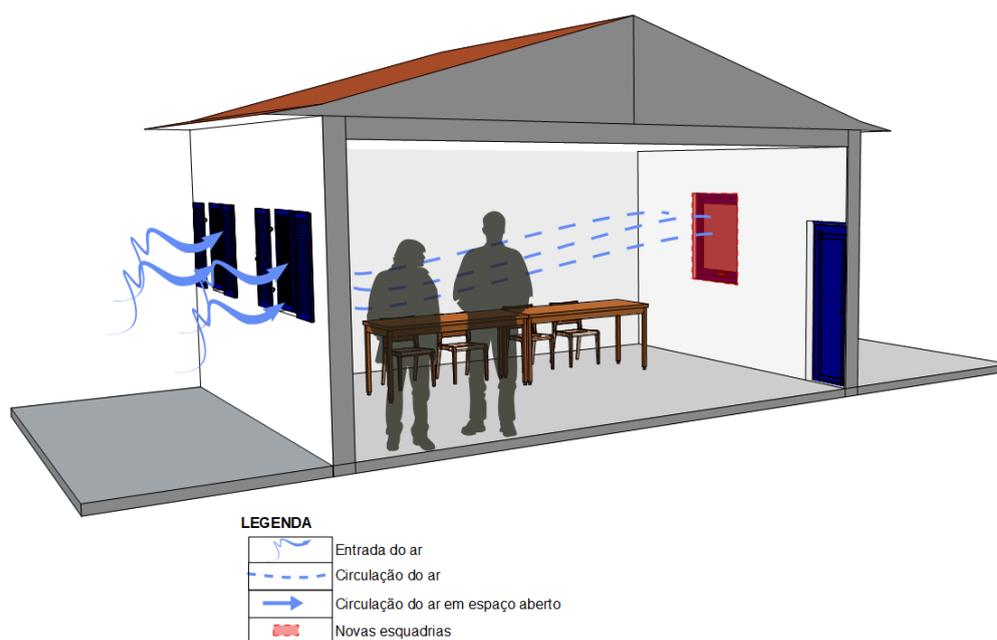
Fonte: Autoria própria.

Ainda, foi gerada uma vista axonométrica da sala dos professores, conforme ilustrado na imagem 71. Através dessa representação, é possível compreender a efetividade da ventilação cruzada no ambiente após as modificações propostas. É importante ressaltar que o mesmo padrão de fluxo de ar ocorre em todos os ambientes do nível 1, caracterizado pela abertura de novas esquadrias na face

oposta às esquadrias existentes, além de características construtivas e dimensionais similares.

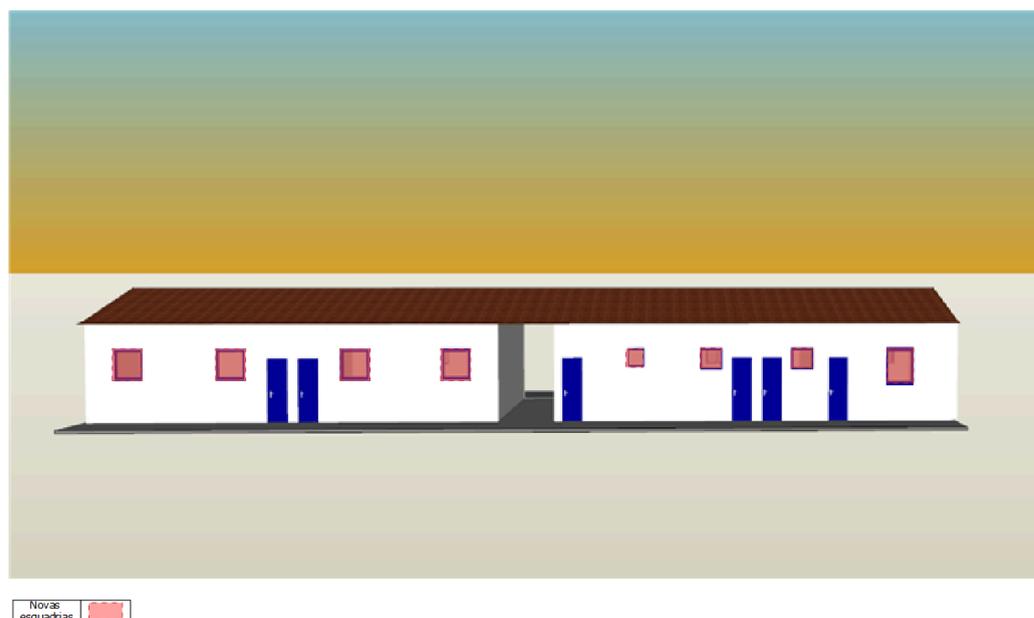
Imagem 71. Visão axonométrica da da ventilação cruzada na sala dos professores com novas esquadrias.

VENTILAÇÃO CRUZADA SALA DOS PROFESSORES- NÍVEL 1
Escala 1:20



Fonte: Autoria própria.

Por fim, a imagem 72 abaixo ilustra o resultado da fachada após a abertura das novas esquadrias, facilitando a compreensão da intervenção proposta.

Imagem 72. Fachada do nível 1 após abertura de esquadrias.

Fonte: Autoria própria.

4.2.2. Nível 2

Dando continuidade a análise da edificação, o nível 2 foi estudado considerando os mesmos critérios abordados anteriormente.

Dessa forma, temos a área útil das novas esquadrias considerando o peitoril elevado, os percentuais necessários para ventilação cruzada eficiente e área útil em janelas basculantes (10% da área total do piso, e 70% da área total da nova esquadria, respectivamente). A tabela 3 abaixo expressa os resultados obtidos a partir da análise referenciada. A partir dos valores apresentados, constata-se que as salas do nível 2 possuem a mesma área de piso, e portanto, a mesma área útil da nova esquadria, bem como quantidade de janelas e dimensões iguais.

Tabela 3. Cálculo de novas esquadrias para o Nível 2.

CÔMODO	ÁREA DO PISO (m ²)	ÁREA ÚTIL DE VENTILAÇÃO (m ²)	ÁREA TOTAL NECESSÁRIA PARA VENTILAÇÃO CRUZADA- Considerando as duas faces (m ²)	ÁREA ÚTIL NOVA ESQUADRIA (m ²)	QUANTIDADE DE JANELAS	DIMENSÕES DA JANELA BASCULANTE (m)	PEITORIL (m)
Sala 04	40,8	3	4,08	1,54	2	1,00X1,00	1,7
Sala 05	40,8	3	4,08	1,54	2	1,00X1,00	1,7

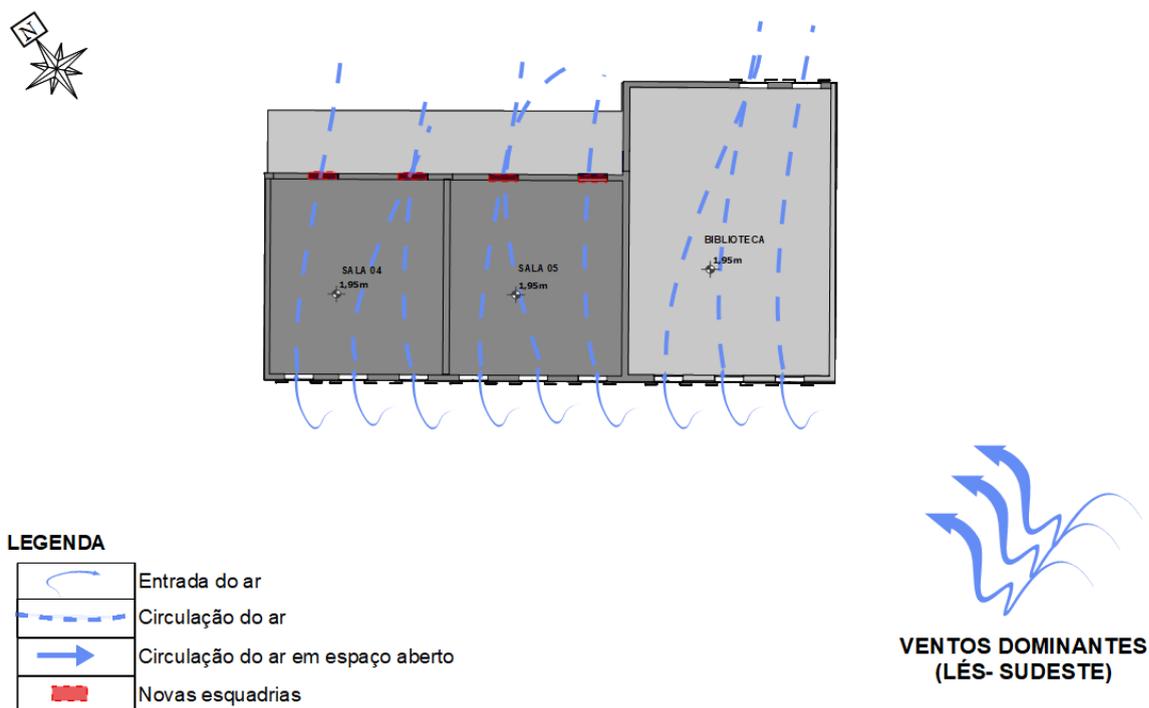
Fonte: Autoria própria.

Do ponto de vista diagramático, na imagem 73 é possível perceber que o fluxo do ar ocorre de maneira mais fluida com a abertura das novas esquadrias, evidenciando a eficácia da ventilação cruzada proposta para as salas de aula 04 e 05.

Imagem 73. Diagrama de ventilação com novas esquadrias- Nível 2.

ANÁLISE DE VENTILAÇÃO COM NOVAS ESQUADRIAS- NÍVEL 2

Escala 1:20

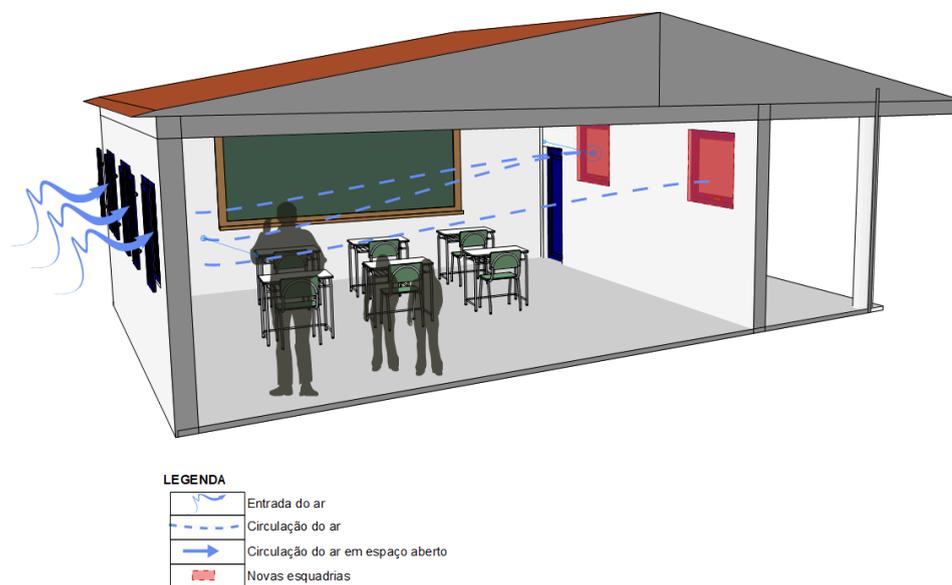


Fonte: Autoria própria.

Ainda, a vista axonométrica da sala 04, ilustrada na imagem 74, representa com mais clareza o fluxo do ar pelo ambiente, sendo possível notar a renovação constante do ar, favorecida pela disposição estratégica das esquadrias que permitem a ocorrência da ventilação cruzada.

Imagem 74. Perspectiva do fluxo dos ventos na sala 04 com novas esquadrias.

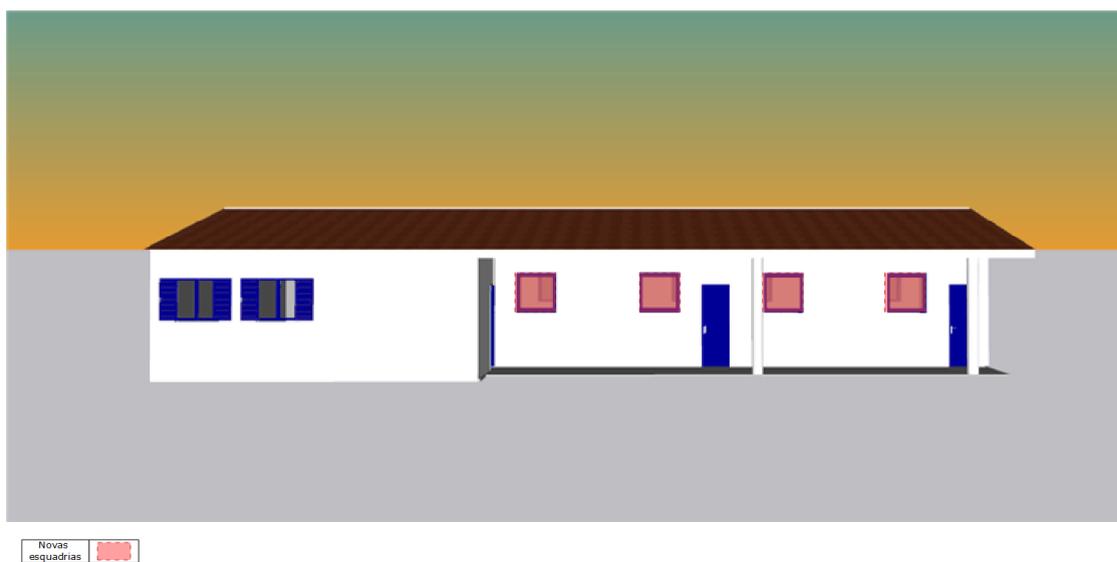
VENTILAÇÃO CRUZADA SALA DE AULA 04- NÍVEL 2
Escala 1:20



Fonte: Autoria própria.

Em síntese, a intervenção proposta também gerou alterações em uma das fachadas da edificação por meio da abertura das novas esquadrias, conforme ilustrado na imagem 75 abaixo.

Imagem 75. Fachada do nível 2 após abertura de esquadrias.



Fonte: Autoria própria.

4.2.3. Nível 3

Seguindo a mesma metodologia adotada nos blocos dos níveis anteriores, no nível 3 as intervenções foram voltadas para a abertura de novas esquadrias, com área útil nova coerente para possibilitar a ventilação cruzada eficiente. Ainda, todas as salas de aula deste nível apresentam a mesma área de piso, mantendo um padrão quanto a abertura das esquadrias em quantidades, materiais e dimensões. A tabela abaixo engloba os resultados obtidos a partir dos cálculos referenciados.

Tabela 4. Cálculo de novas esquadrias para o Nível 3.

CÔMODO	ÁREA DO PISO (m ²)	ÁREA ÚTIL DE VENTILAÇÃO (m ²)	ÁREA TOTAL NECESSÁRIA PARA VENTILAÇÃO CRUZADA- Considerando as duas faces (m ²)	ÁREA ÚTIL NOVA ESQUADRIA (m ²)	QUANTIDADE DE JANELAS	DIMENSÕES DA JANELA BASCULANTE (m)	PEITORIL (m)
Sala 06	42	3	4,20	1,71	2	1,00X1,00	1,7
Sala 07	42	3	4,20	1,71	2	1,00X1,00	1,7
Sala 08	42	3	4,20	1,71	2	1,00X1,00	1,7
Sala 09	42	3	4,20	1,71	2	1,00X1,00	1,7

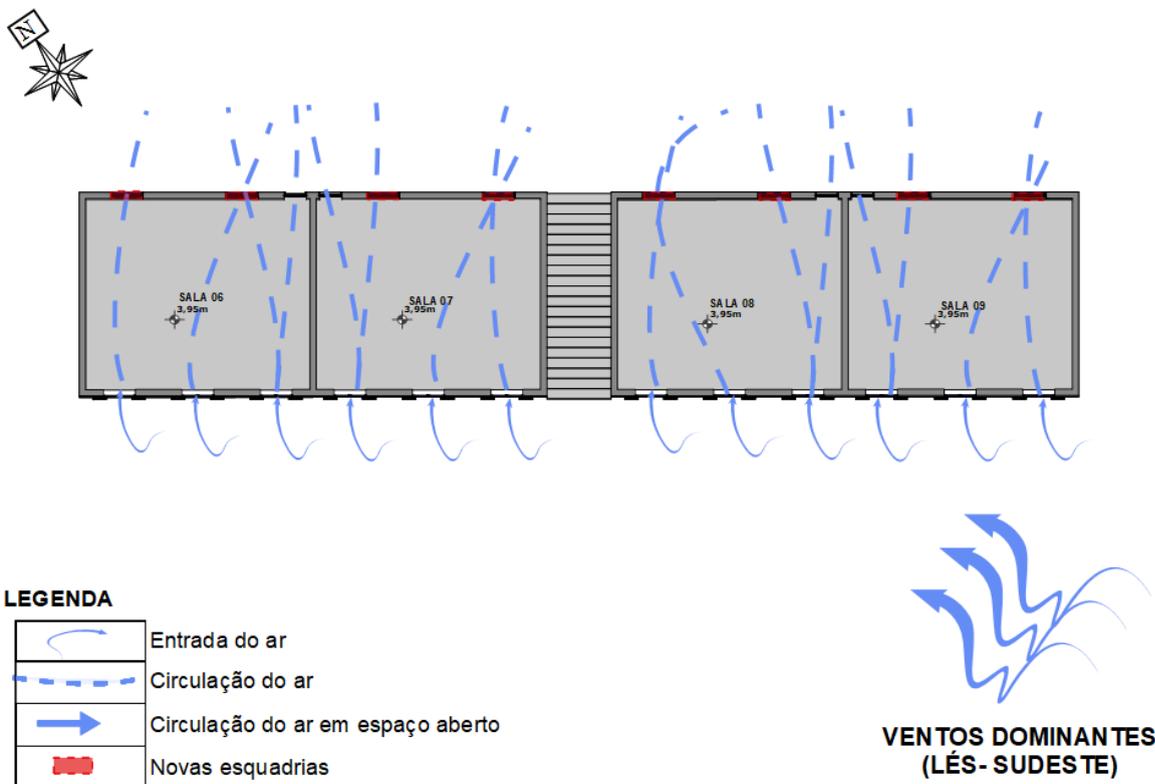
Fonte: Autoria própria.

Em seguida, também foi elaborado um diagrama de ventilação cruzada em planta, tal como uma vista axonométrica da sala 06, visando exemplificar o fluxo de ar com a abertura das novas esquadrias, conforme ilustrado nas imagens 76 e 77, respectivamente. Em ambas, é possível notar a circulação do ar entre as aberturas posicionadas em faces opostas do ambiente.

Imagem 76. Diagrama de ventilação com novas esquadrias- Nível 3.

ANÁLISE DE VENTILAÇÃO COM NOVAS ESQUADRIAS- NÍVEL 3

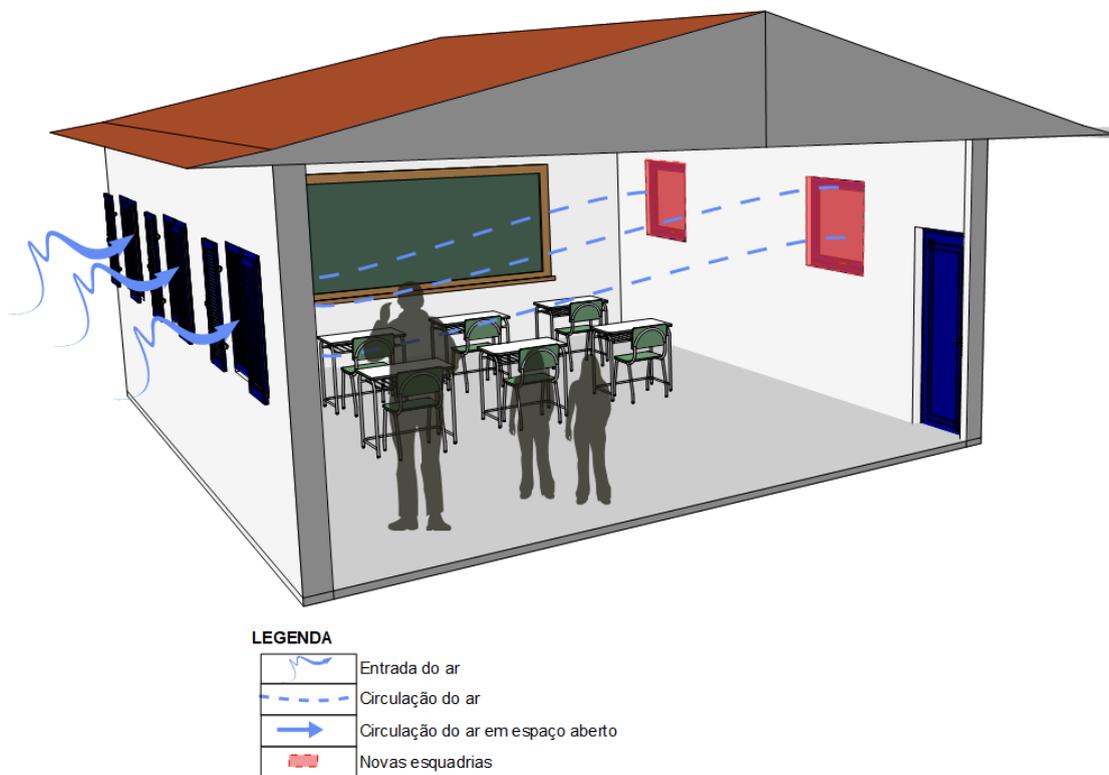
Escala 1:20



Fonte: Autoria própria.

Imagem 77. Perspectiva do fluxo dos ventos na sala 06 com novas esquadrias.

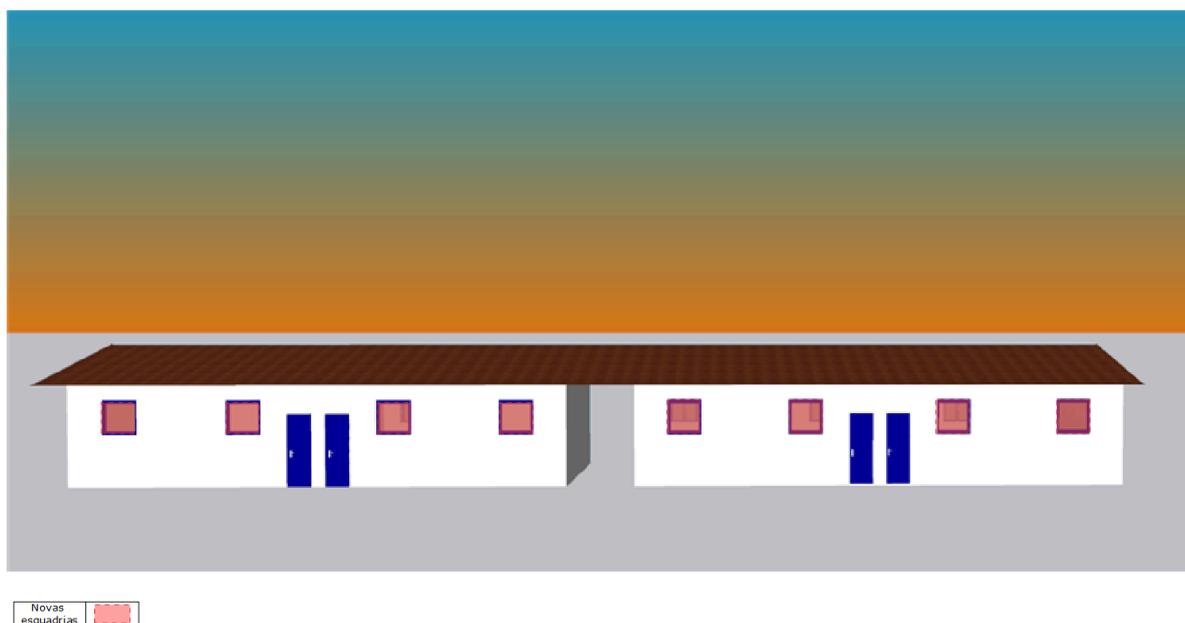
VENTILAÇÃO CRUZADA SALA DE AULA 05- NÍVEL 3
Escala 1:20



Fonte: Autoria própria.

Em último caso, a fachada do nível 3 após a abertura das novas esquadrias está exemplificada na imagem abaixo, como forma de demonstrar o impacto da intervenção nos ambientes estudados.

Imagem 78. Fachada do nível 3 após abertura de esquadrias.



Fonte: Autoria própria.

4.2.4. Nível 4

Ao analisarmos o nível 4, onde está contido o pátio, os estudos de insolação nos períodos de solstício de verão e inverno desenvolvidos ao longo do capítulo 3 indicaram, respectivamente, que nos dias mais quentes a temperatura neste ambiente se torna extremamente elevada, enquanto nos dias mais frios, a sensação térmica baixa é identificada por parte dos usuários. Ainda, como já mencionado anteriormente, este ambiente é totalmente aberto, sem a interferência de vedações ou coberturas. Desse modo, a solução adotada para amenizar os impactos do calor neste ambiente, consiste em criar sombreamento natural em trechos específicos do pátio, com o objetivo de criar refúgios térmicos acessíveis aos indivíduos que usufruem do espaço. Quanto ao frio, a solução viável para não intensificar sua ação é manter a incidência solar presente na maior área possível do pátio. Para fundamentar a escolha das espécies a serem aplicadas neste ambiente, foi utilizado o Manual Técnico de Arborização Urbana (2015) elaborado pela Prefeitura de São Paulo. Nele, estão contidas diversas espécies de vegetação e suas propriedades específicas.

Partindo da análise do manual supracitado, foram escolhidas três espécies para compor o pátio. Em sentido linear, foram intercaladas as espécies resedá índico e flamboyant de jardim na cor amarela. As espécies são identificadas como decídua e semidecídua, respectivamente. Desse modo, durante o outono e inverno ambas perdem sua folhagem quase por inteiro, enquanto nos períodos mais quentes as copas estão cheias. As duas espécies foram plantadas em vasos de polietileno 70x70cm espaçados em 2 metros entre si, como forma de impedir a sobreposição de suas copas, e facilitar que todas recebam radiação solar em todo comprimento de sua copa. Ainda, foi escolhida a espécie areca bambu a ser cultivada diretamente no solo, como forma de contribuir para um sombreamento maior, visto que apresenta copas cheias durante todo o ano, e alcançam maior altura. Todas as espécies foram posicionadas na face noroeste do pátio, que recebem maior incidência solar no verão durante todo o dia. A tabela abaixo indica as especificações das espécies escolhidas para aplicação no pátio da escola.

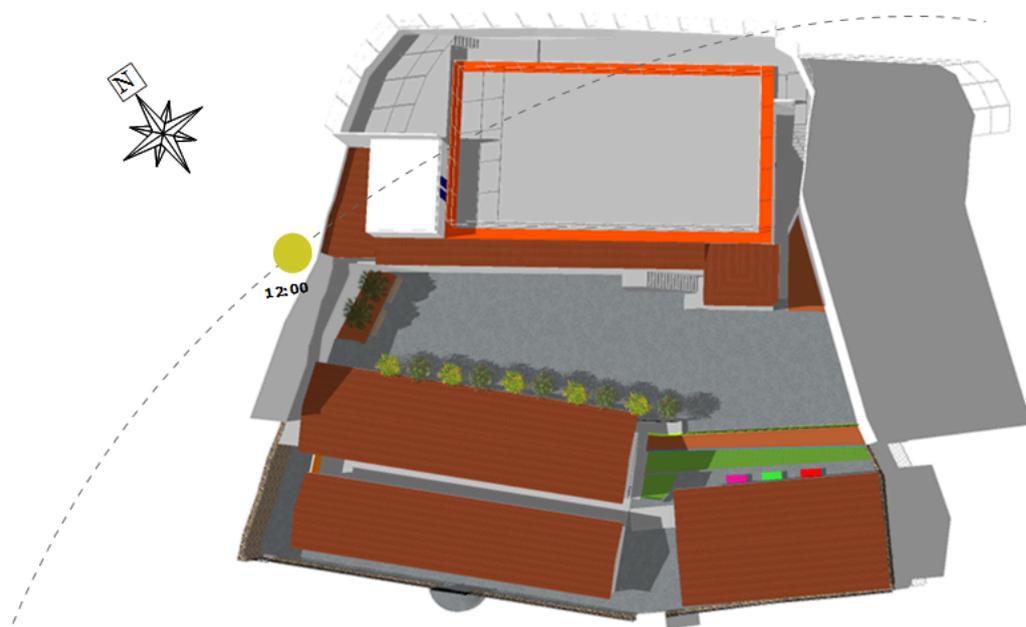
Tabela 5. Espécies escolhidas para sombreamento natural no pátio da escola.

AMBIENTE	ESPÉCIE	NOME CIENTÍFICO	CLASSIFICAÇÃO FENOLÓGICA	ALTURA (m)	COPA (m)	VASO
Pátio	Resedá índico	Lagerstroemia indica	Decídua	2	2	Vaso de polietileno 70x70cm
Pátio	Flamboyant de jardim	Caesalpinia pulcherrima	Semidecídua	2	2	Vaso de polietileno 70x70cm
Pátio	Areca bambu	Dyopsis lutescens	Perene	4	4	Plantada diretamente no solo

Fonte: Autoria própria.

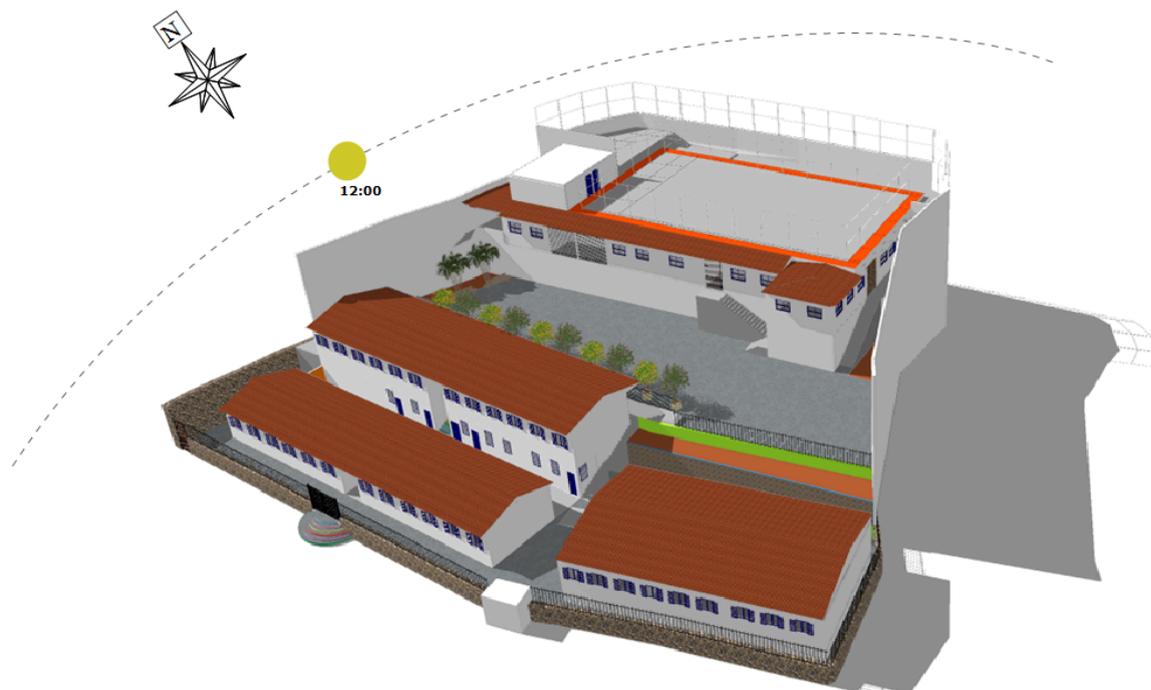
Para melhor compreensão da intervenção proposta e seu impacto no ambiente, as imagens 79 e 80 foram elaboradas nos softwares Sketchup e Layout em planta baixa e perspectiva, respectivamente, com o intuito de indicar o sombreamento gerado pela vegetação implantada, que será analisado considerando o solstício de verão no horário de 12:00, horário de maior incidência solar sobre o ambiente. Por meio das imagens nota-se que são criadas pequenas ilhas de sombreamento, que irão contribuir para amenizar as altas sensações térmicas registradas no verão.

Imagem 79. Planta baixa da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento natural na quadra.



Fonte: Autoria própria.

Imagem 80. Perspectiva da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento natural.



Fonte: Autoria própria.

Ainda, para induzir a permanência dos usuários nas áreas sombreadas, foram adicionados bancos próximos às novas espécies, criando refúgios térmicos para os usuários, como exemplificado nas imagens 81 e 82.

Imagem 81. Perspectiva do pátio com nova vegetação e mobiliário.



Fonte: Autoria própria.

Imagem 82. Perspectiva do pátio com nova vegetação e mobiliário 2.



Fonte: Autoria própria.

É importante ressaltar que o mobiliário proposto é feito em madeira, e deve ser adquirido em lojas que produzem assentos por meio de madeira de reflorestamento, que de acordo com Santana (2023) o reflorestamento é a forma mais eficaz de recuperação de áreas desmatadas.

4.2.5. Nível 5

Retomando ao estudo dos ambientes internos, notou-se que no nível 5 a maioria dos espaços possui esquadrias com área útil de ventilação igual ou superior a 10% da área do piso, além de estarem distribuídas em duas ou mais faces. Contudo, alguns espaços registraram sensação de calor durante o verão.

Esse desconforto está associado, principalmente, ao fato desses ambientes possuírem uma ou nenhuma vedação voltada para a área externa da edificação. Desse modo, para o laboratório, bem como para as salas 10, 12 e 14, foram propostas a abertura de esquadrias nas dimensões 1,00x1,00m, visando possibilitar a ventilação cruzada nesses ambientes. Ainda, para a cozinha foram escolhidas duas esquadrias de dimensão 1,00x1,00m, por se tratar do ambiente interno que registra maior sensação de calor ao longo do ano. Esses vãos foram posicionados na face lateral, voltada para a área externa da edificação.

Tabela 5. Cálculo de novas esquadrias para o nível 5.

CÔMODO	ÁREA DO PISO (m ²)	ÁREA ÚTIL DE VENTILAÇÃO (m ²)	ÁREA TOTAL NECESSÁRIA PARA VENTILAÇÃO CRUZADA- Considerando as duas faces (m ²)	ÁREA ÚTIL NOVA ESQUADRIA (m ²)	QUANTIDADE DE NOVAS ESQUADRIAS	DIMENSÕES DAS JANELAS BASCULANTES (m)	PEITORIL (m)
Laboratório	19,86	2,7	1,99	já atende	1	1,00X1,00	1,7
Sala 10	36	2,7	3,60	0,90	1	1,00X1,00	1,7
Sala 12	42	6,75	4,20	já atende	1	1,00X1,00	1,7
Sala 14	20,09	2,7	2,00	já atende	1	1,00X1,00	1,7
Cozinha	34,94	4,05	3,50	já atende	2	1,00X1,00	1,7

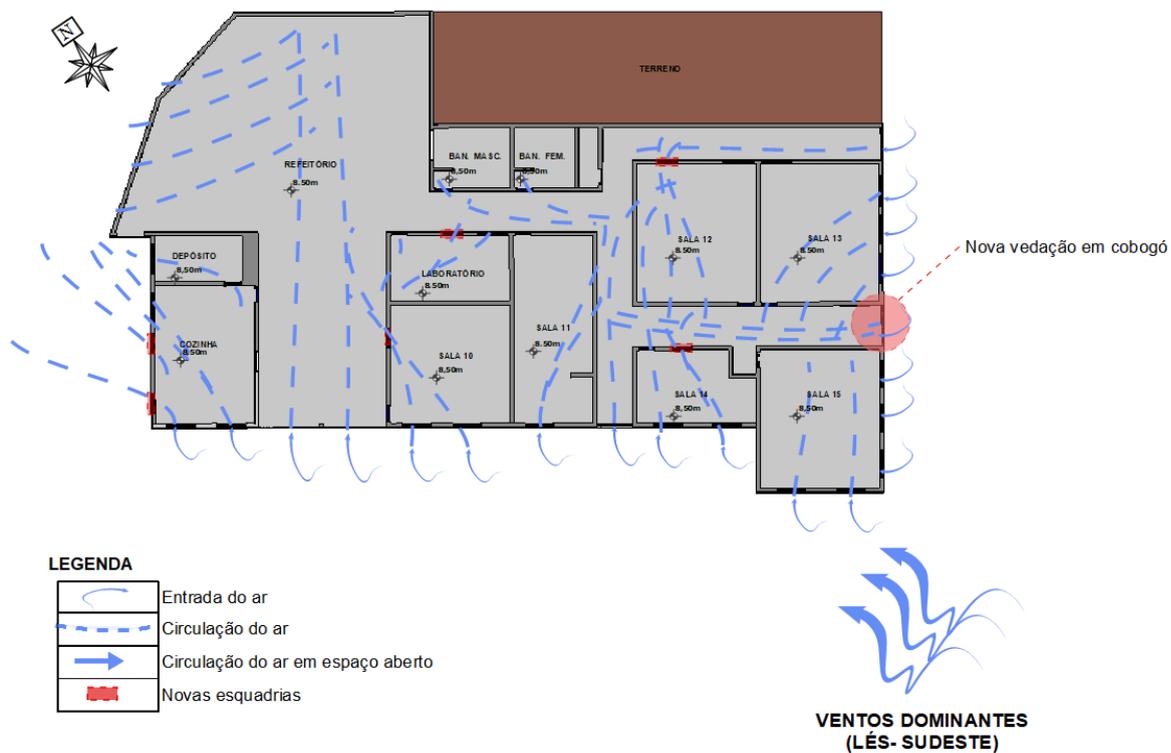
Fonte: Autoria própria.

O diagrama ilustrado na imagem 82, demonstra a melhoria no fluxo do ar com as novas esquadrias existentes. Ainda, a visão axonométrica da cozinha indica o percurso dos ventos pelas esquadrias posicionadas na face lateral.

Imagem 83. Diagrama de ventilação com novas esquadrias- Nível 5.

ANÁLISE DE VENTILAÇÃO COM NOVAS ESQUADRIAS- NÍVEL 5

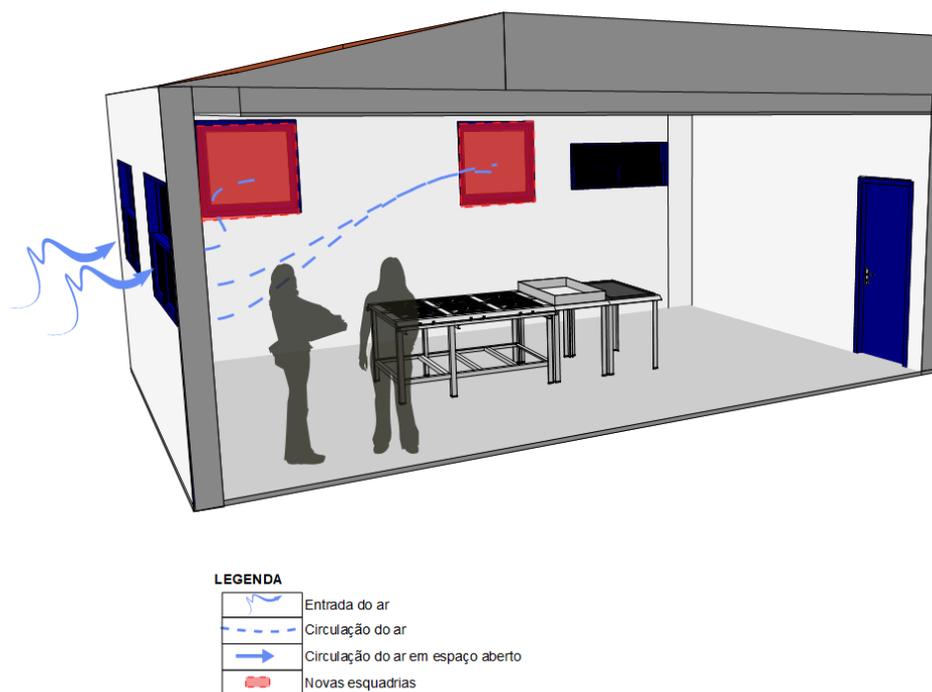
Escala 1:25



Fonte: Autoria própria.

Imagem 84. Perspectiva do fluxo dos ventos na cozinha com novas esquadrias.

VENTILAÇÃO CRUZADA COZINHA- NÍVEL 5
Escala 1:20



Fonte: Autoria própria.

Além disso, como forma de otimizar o fluxo de ar do corredor situado entre as salas 12 e 14, bem como de todos os ambientes internos presentes neste nível, foi proposta a substituição da esquadria atual, com dimensões de 1,5x1,0m, por uma vedação de cobogó, gerando um área de circulação dos ventos quatro vezes maior que a existente. A tabela 6 indica o cálculo de área da esquadria antiga comparado a nova área de ventilação através da parede de cobogó.

Tabela 6. Área de esquadria existente, e área de nova parede em cobogó proposta no nível 5.

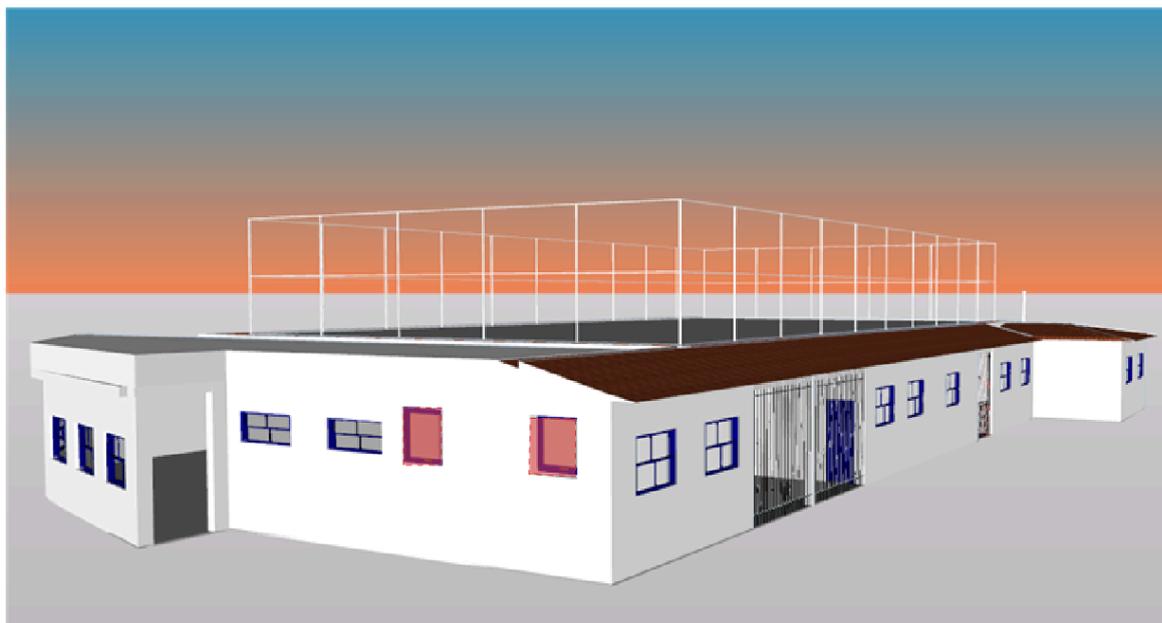
ÁREA DA ESQUADRIA ANTIGA (m ²)	ÁREA DA NOVA PAREDE DE COBOGÓ (m ²)
1,5	6

Fonte: Autoria própria.

Por fim, as imagens 84 e 85 demonstram as novas fachadas laterais do nível 5 após a abertura das novas esquadrias, bem como da parede de cobogó, como

forma de ilustrar as mudanças propostas e evidenciar o impacto da intervenção no aproveitamento da ventilação natural para todos os ambientes deste nível.

Imagem 85. Perspectiva da fachada lateral da cozinha.



Novas
esquedrias

Fonte: Autoria própria.

Imagem 86. Parede de cobogó proposta para o nível 5.



Fonte: Autoria própria.

4.2.6. Níveis 6 e 7

Por fim, nos níveis 6 e 7 estão presentes dois banheiros, a quadra esportiva e o palco da escola, respectivamente. Dentre esses, apenas palco e quadra apresentam sensações térmicas que causam desconforto aos usuários, conforme já estudado por meio de perspectivas e diagramas de insolação e ventilação, desenvolvidos no capítulo 3. Desse modo, os dois ambientes, por estarem expostos ao ar livre, sem a presença de vedações ou coberturas em suas delimitações, apresentam sensação de extremo calor durante o verão e sensação térmica fria durante o inverno. Nesse sentido, é possível constatar que durante épocas mais quentes, a ausência de coberturas ocasiona a insolação solar direta sob os usuários, e conseqüentemente provoca o desconforto térmico. Do mesmo modo, em épocas frias a inexistência de vedações ou coberturas mantém a ação intensa dos ventos nesses locais, o que provoca a sensação fria nos indivíduos.

Inicialmente, a intervenção idealizada para o palco foi criar sombreamento natural por meio da implantação de vegetação. Essa estratégia irá amenizar a sensação de calor percebida pelos usuários nesse espaço, que conforme abordado durante as entrevistas, especialmente os dias quentes interferem diretamente em atividades ao ar livre. Para criação do sombreamento foram adotadas duas espécies frutíferas: a laranjeira e a jabuticabeira. A escolha é justificada pela funcionalidade das espécies, que além de proporcionarem maior conforto térmico ao espaço, podem ser ingeridas pelas crianças ou funcionários, criando um meio de interação entre os indivíduos e o meio natural. A vegetação foi inserida em vasos, com distância de 2 metros entre eles, com o intuito de possibilitar que as espécies recebam radiação solar por toda sua copa. A tabela 7 abaixo descreve as especificações das plantas.

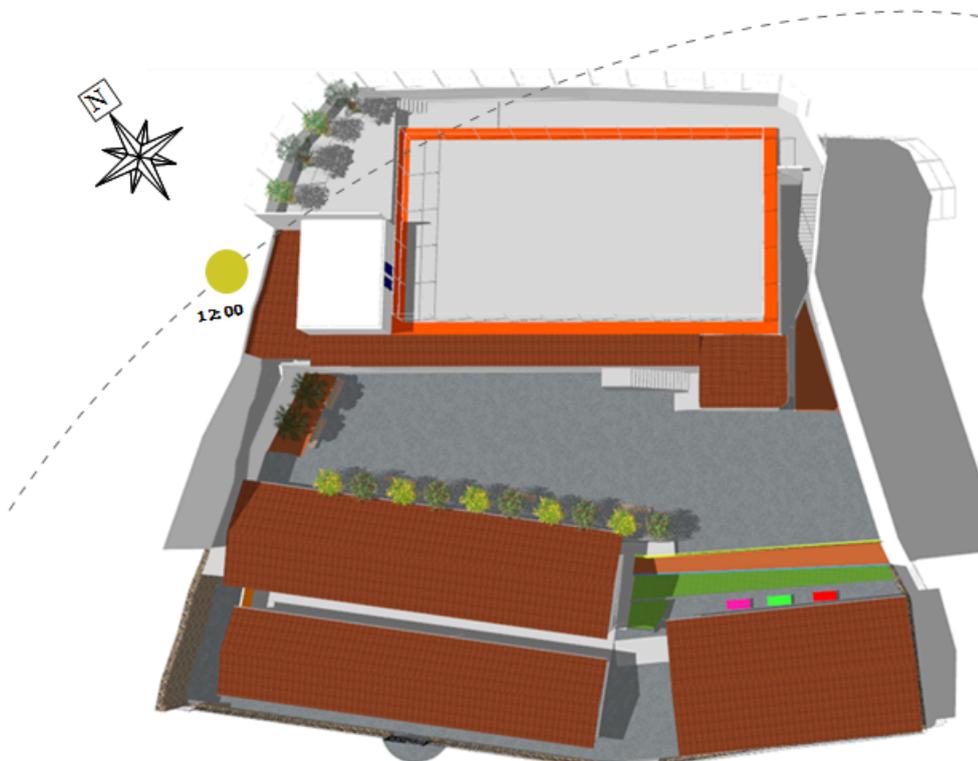
Tabela 7. Espécies escolhidas para sombreamento natural no palco da escola.

AMBIENTE	ESPÉCIE	NOME CIENTÍFICO	CLASSIFICAÇÃO FENOLÓGICA	ALTURA (m)	COPA (m)	VASO
Palco	Laranjeira	Citrus x sinensis	Perenifólia	2,5m	2,5m	Vaso de polietileno 70x70cm
Palco	Jabuticabeira	Plinia claulifora	Perenifólia	3m	2,5m	Vaso de polietileno 70x70cm

Fonte: Autoria própria.

Para melhor compreensão, foram elaboradas planta baixa e perspectivas pelos softwares Sketchup e Layout, conforme ilustram as imagens 86, 87 e 88, respectivamente.

Imagem 87. Planta baixa da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento natural no palco.



Fonte: Autoria própria.

Imagem 88. Perspectiva da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento natural no palco.



Fonte: Autoria própria.

Imagem 89. Perspectiva do palco com nova vegetação.



Fonte: Autoria própria.

Por último, para a proposta de intervenção da quadra, pensou-se na adoção de uma cobertura, visto que o ambiente apresenta sensação térmica quente durante o verão, ocasionada pela radiação solar direta durante todo o dia, bem como registra sensação térmica fria durante o inverno. Para fundamentar a decisão, retomou-se ao estudo das legislações municipais e das diretrizes estabelecidas pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, a fim de compreender as limitações impostas para a implantação proposta e garantir que a solução esteja em conformidade com as normas vigentes. Como supracitado no capítulo 3, a Escola Municipal Professora Juventina Drummond está localizada próxima à Capela de Santana. De acordo com a Portaria nº312/2010- IPHAN, a Capela de Santana, bem como seu entorno imediato estão situados na Área de Proteção Especial 02. Dessa forma, a área de proteção destacada define os seguintes parâmetros:

II - Os planos de cobertura deverão ser em telha cerâmica, e inclinação entre 25% e 40%, com pano voltado para a via pública e cumeeira paralela à via, sendo vetada a construção de terraços superiores;

V - Todas as edificações deverão seguir, preferencialmente, o alinhamento predial existente, objetivando harmonia no conjunto edificado; (Portaria nº 312- IPHAN, 2010)

Imagem 90. Capela de Santana, localizada no Bairro Morro Santana. Ao fundo, a Escola Municipal Professora Juventina Drummond.



Fonte: Jornal Voz Ativa.

A partir desse parâmetro, são identificadas limitações específicas quanto às possibilidades de aplicação de cobertura na escola, dentre elas, a presença da telha cerâmica como material de cobertura. Contudo, de acordo com Cavalcanti (2018), telhas cerâmicas não são indicadas para grandes vãos (acima de 15 metros), devido ao seu peso elevado, exigência de estruturas mais robustas bem como de inclinação acentuada para escoamento de água. Dessa forma, a aplicação de cobertura em telha cerâmica para a quadra estudada torna-se inviável.

Como forma de fundamentar as decisões projetuais a serem adotadas, buscou-se como referência projetos de quadras esportivas escolares propostos pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Com isso, a referência projetual escolhida foi uma quadra coberta por estrutura metálica e telhas metálicas, que conforme o Depec (2025) são estruturas ideais para coberturas em grandes vãos. Dessa forma, considerou-se as dimensões da quadra da escola estudada, e a partir dela, foram determinadas as especificações em conformidade com o projeto

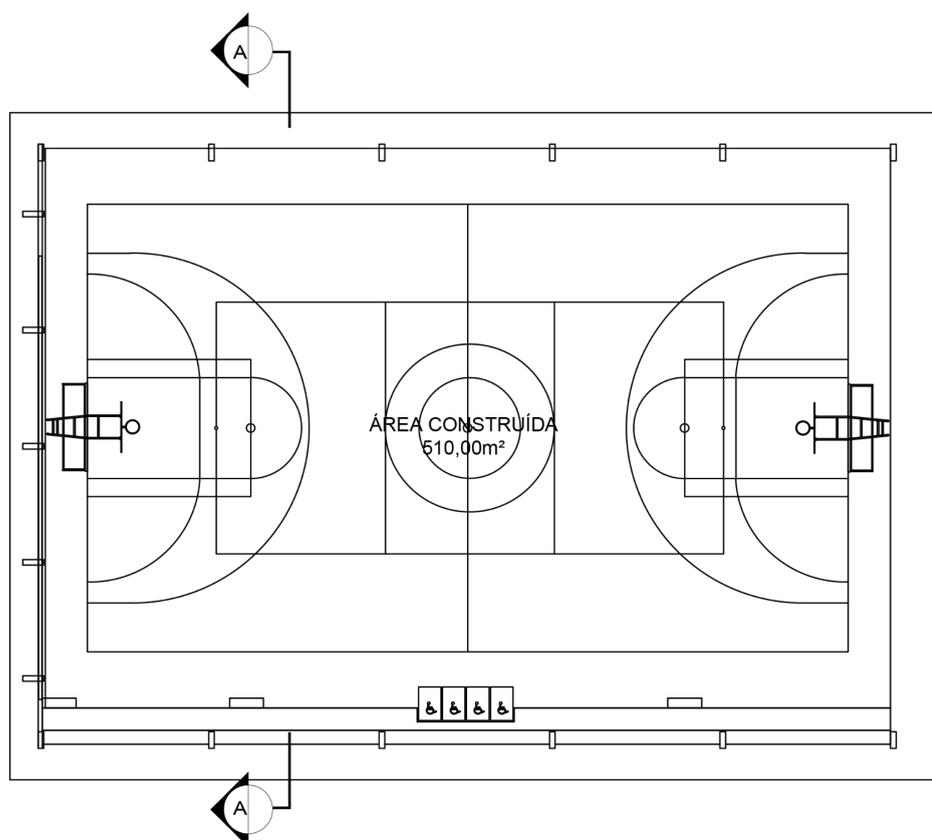
do FNDE. É importante ressaltar que a escolha do caimento da cobertura em duas águas tem por objetivo aproximar-se da proposta de cobertura do entorno, visando amenizar o impacto da nova implantação na paisagem, conforme exige a portaria 312/2010 do IPHAN. A tabela 8 abaixo indica as especificações da nova cobertura adotada, e as imagens 90, 91 e 92 abaixo ilustram a representação esquemática da nova cobertura, a partir da referência projetual do FNDE.

Tabela 8. Especificações da cobertura proposta para quadra esportiva.

AMBIENTE	DIMENSÕES (m)	ÁREA TOTAL (m ²)	TIPO DE COBERTURA	TIPO DE TELHA	INCLINAÇÃO (padrão FNDE)	ALTURA MÁXIMA (m)
Quadra	30x17	510	Estrutura metálica tipo arco, duas águas	Aço galvanizado	3%	10

Fonte: Autoria própria.

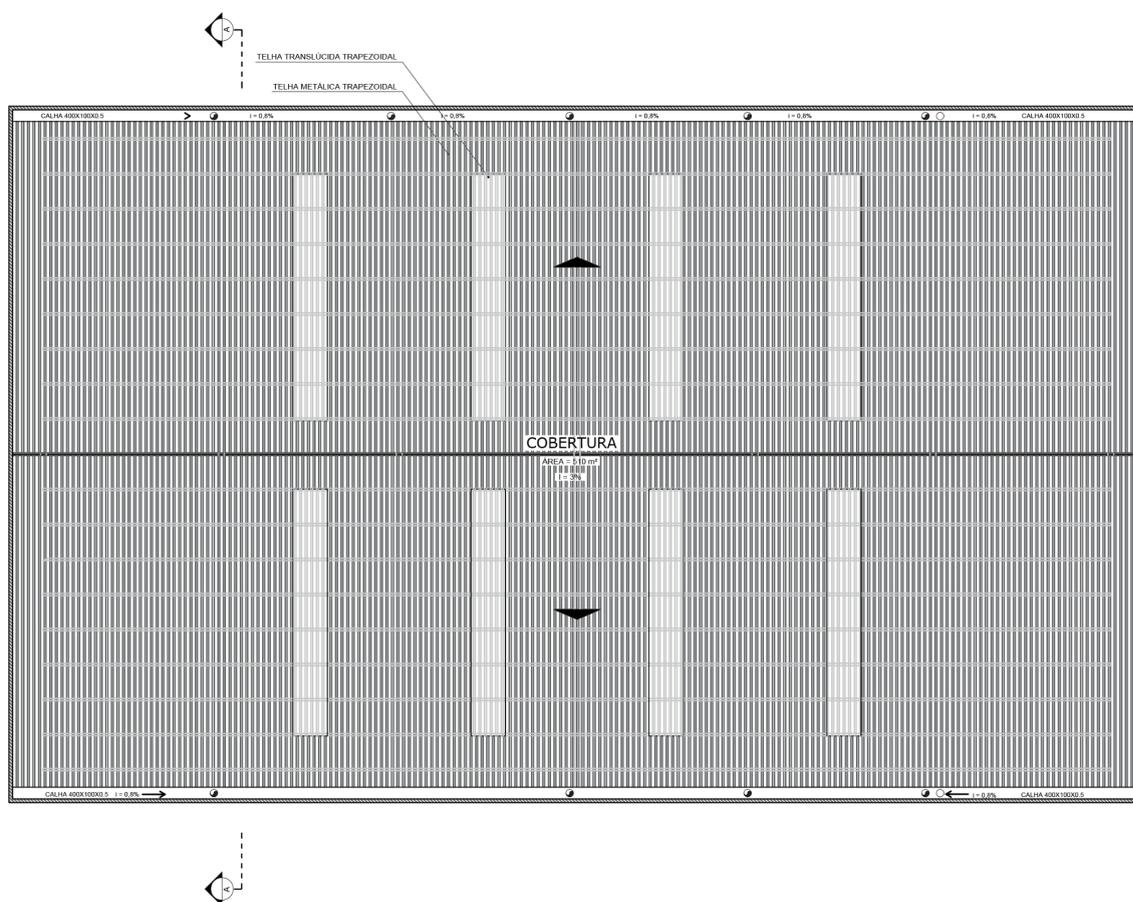
Imagem 91. Esquema de planta baixa referenciado pelo FNDE.



PLANTA BAIXA- ESQUEMATIZAÇÃO DA NOVA COBERTURA

Fonte: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação.

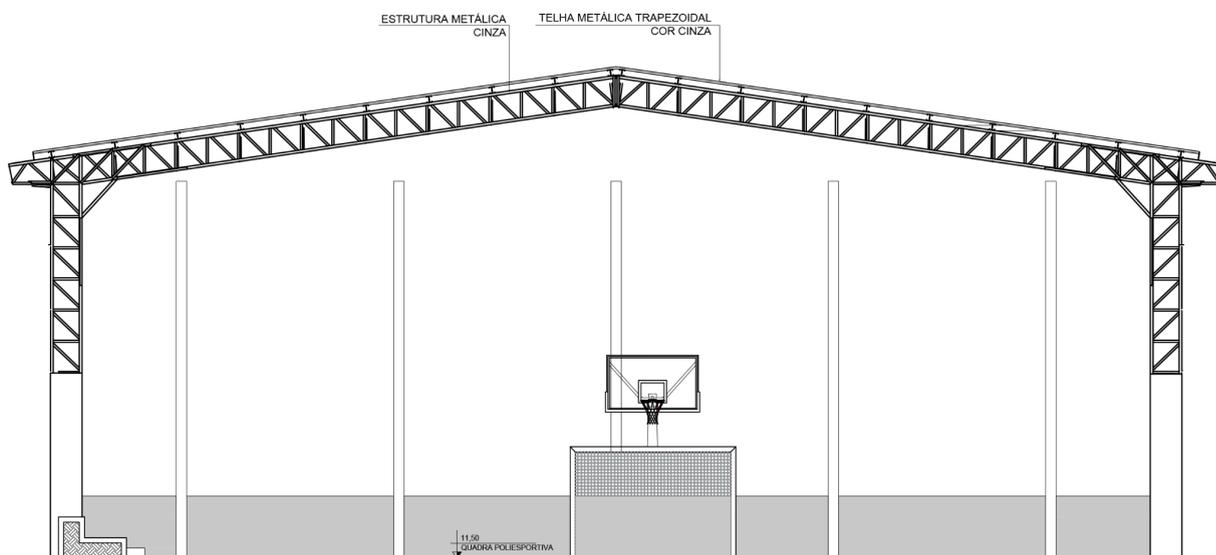
Imagem 92. Esquema de planta de cobertura referenciado pelo FNDE.



PLANTA DE COBERTURA - ESQUEMATIZAÇÃO DA NOVA COBERTURA

Fonte: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação.

Imagem 93. Esquema de corte da cobertura proposta referenciado pelo FNDE.

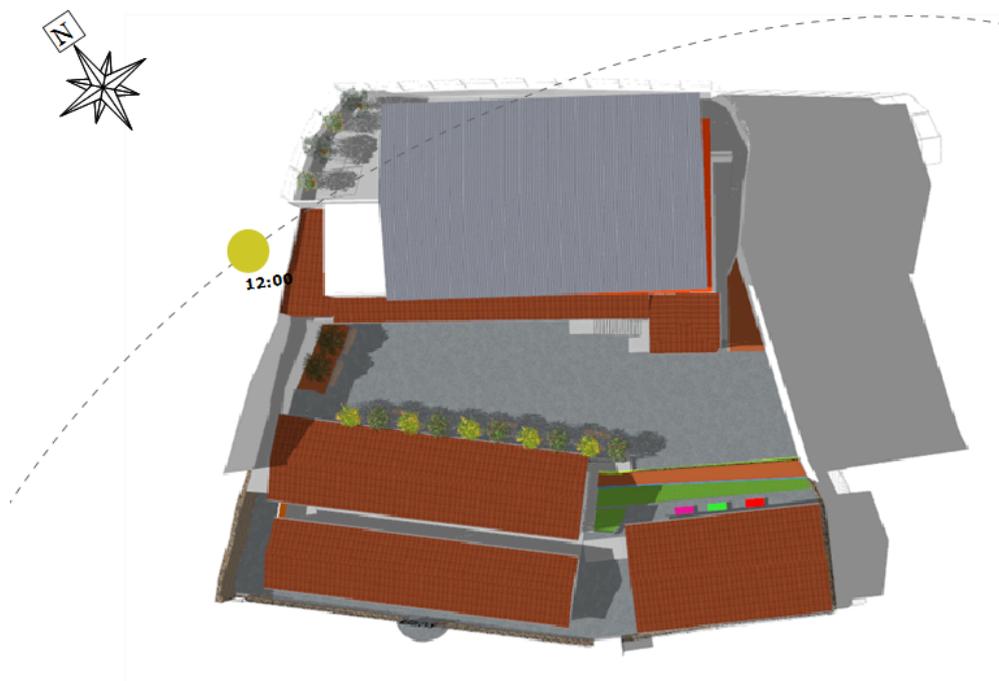


CORTE AA- ESQUEMATIZAÇÃO DA NOVA COBERTURA

Fonte: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação.

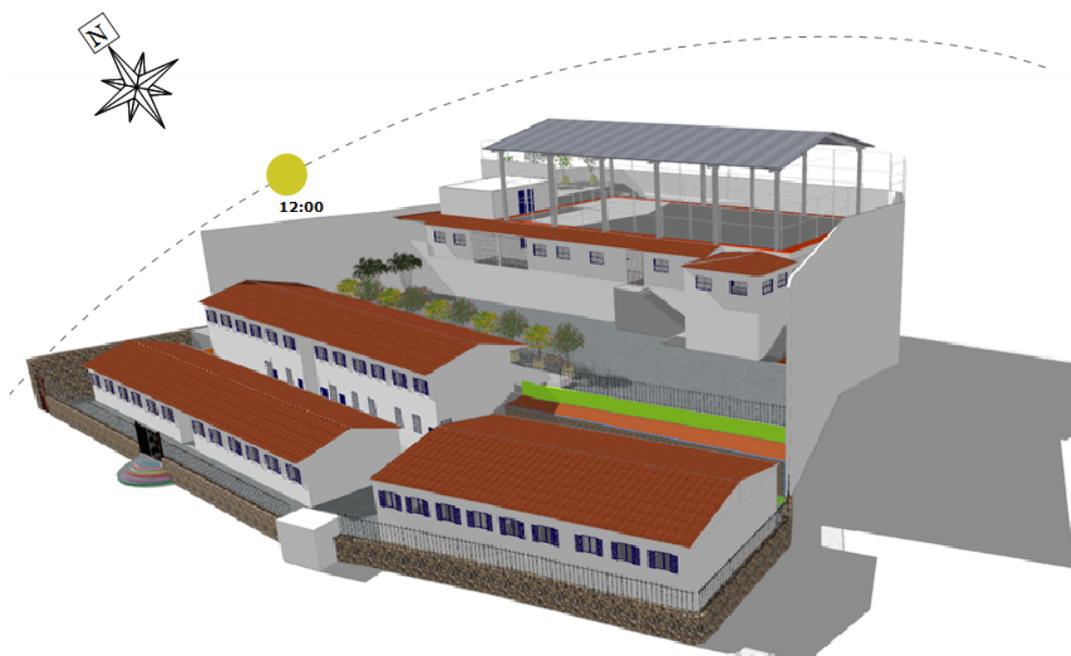
Ainda, optou-se pela escolha de uma referência projetual de quadra coberta aberta em suas laterais, como forma de evitar a remoção do gradil disposto no entorno da quadra. Outrossim, a decisão também é justificada pelas propriedades da telha em aço galvanizado, que tende a absorver calor. Dessa maneira, buscou-se manter a ventilação natural direta, como forma de evitar superaquecimento do ambiente em dias mais quentes. É importante ressaltar que no entorno da quadra não foi possível inserir espécies de plantas, pois o espaço existente é utilizado para circulação. As imagens 93, 94 e 95 apresentam o estudo de sombreamento com as novas intervenções propostas no pátio, palco e quadra. Para o estudo, foi considerado o horário de 12:00, que marca o início da tarde.

Imagem 94. Planta baixa da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento nos ambientes externos.



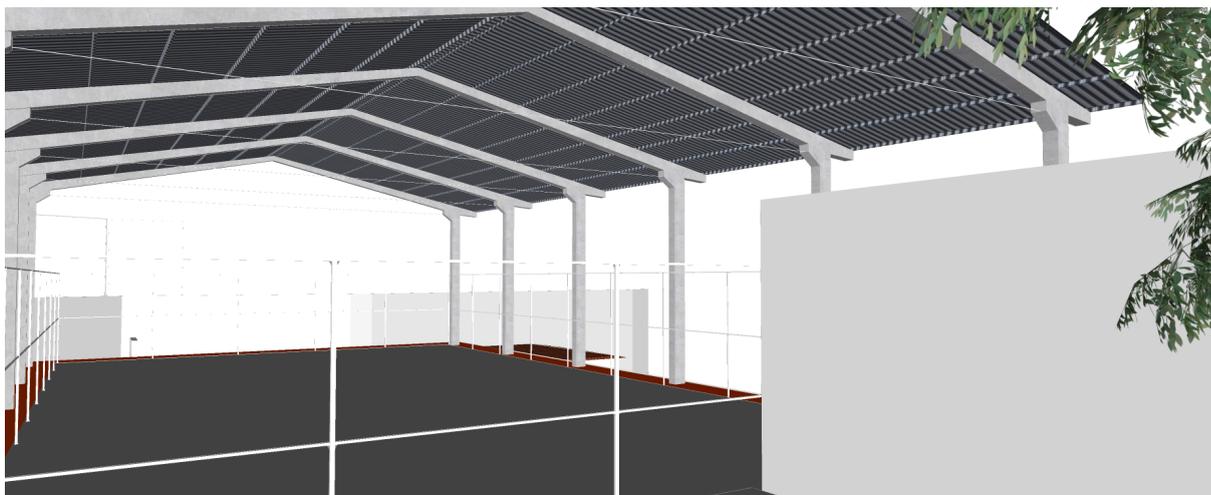
Fonte: Autoria própria.

Imagem 95. Perspectiva da Escola Municipal Professora Juventina Drummond no solstício de verão após aplicação de sombreamento nos ambientes externos.



Fonte: Autoria própria.

Imagem 96. Perspectiva da quadra com nova cobertura.



Fonte: Autoria própria.

É importante ressaltar que apesar de ser uma proposta que busca alinhar funcionalidade técnica com parâmetros urbanísticos, a intervenção citada deve ser estudada, documentada e posteriormente aprovada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) como forma de avaliar a viabilidade de sua aplicação. Além disso, outro fator que compromete a viabilidade da cobertura proposta é o custo elevado. A título comparativo, em 2023 a Prefeitura Municipal de Passabém - MG, apresentou uma planilha orçamentária de custos para aplicação de cobertura em estrutura metálica na quadra poliesportiva central da cidade, e o custo ultrapassou R\$600.000,00. Em síntese, apesar de ser uma solução tecnicamente viável, a proposta de cobertura apresentada apresenta incerteza quanto a sua aplicação, devido aos parâmetros urbanísticos do município, bem como o alto custo de implantação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve por objetivo analisar a rede escolar pública sob uma ótica arquitetônica considerando os efeitos das mudanças climáticas globais. Para fundamentar a análise, foi escolhido como estudo de caso a Escola Municipal Professora Juventina Drummond, localizada no Morro Santana, bairro periférico da cidade de Ouro Preto, Minas Gerais.

No decorrer da pesquisa, buscou-se compreender como a arquitetura pode contribuir para a adaptação climática de escolas em contextos de vulnerabilidade, uma vez que a desigualdade socioespacial e o racismo ambiental perduram na sociedade brasileira e manifestam-se de maneira recorrente por várias regiões do país, ocasionando a disparidade no acesso à infraestrutura, recursos educacionais e condições de conforto térmico dignas aos usuários no ambiente escolar.

Dessa maneira, como forma de mitigar os desafios impostos por essa desigualdade, foram feitas análises qualitativas dos ambientes contidos na escola por meio de entrevista aos usuários, como forma de compreender a sensação térmica percebida nesses locais nos períodos de verão e inverno. Ainda, foram desenvolvidas análises técnicas desses espaços, com o objetivo de identificar carências e necessidades de adaptação para melhor desempenho térmico da edificação, tornando o ambiente escolar um espaço mais resiliente. Todos os estudos foram sintetizados por gráficos e diagramas, com o intuito de filtrar os resultados obtidos e auxiliar na escolha das soluções adotadas.

Dados os resultados, bem como a realidade da rede escolar pública, tomou-se como referência as Soluções Baseadas na Natureza (SBN) com enfoque no tipo 3, que são propostas de baixo custo e baixo impacto ambiental, caracterizadas por implementações mais intrusivas nos espaços, incluindo modificações em coberturas, fachadas e demais intervenções em pequena escala. Dentre a gama de possibilidades contidas nas SBN's, optou-se por realizar a abertura de esquadrias em ambientes internos que apresentaram sensação de calor durante o verão (salas de aula, sala dos professores, sala de reuniões, laboratório e cozinha), visto que nesses locais a ventilação cruzada era baixa ou inexistente. Além disso, para os ambientes externos - pátio, quadra esportiva e palco- foram pensadas estratégias de sombreamento, visto que esses espaços estão expostos ao ar livre, sem presença de vedações ou coberturas.

Para o pátio e palco, foram escolhidas espécies vegetais que irão contribuir para o sombreamento natural, bem como para a criação de espaços para refúgio térmico e interação dos usuários com o meio natural. Para a quadra esportiva, a proposta encontrada foi a implantação de uma cobertura em estrutura metálica, por ser a solução mais comum em quadras esportivas e por permitir superar grandes vãos estruturais. Ressalta-se, ainda, que a implantação dessa cobertura exige aprovação de órgãos municipais, tal como alto investimento para sua aplicação.

Conclui-se, portanto, que a pesquisa em questão colabora para uma reflexão crítica sobre a urgência de adaptações no ambiente escolar público diante da crise climática, resultando em espaços mais resilientes e justos. Ao relacionar as intervenções de baixo impacto ambiental e baixo custo com sua aplicação em uma escola do setor público, reafirma-se a importância de propostas arquitetônicas que contribuam para a equidade socioambiental, bem como para o enfrentamento do racismo ambiental.

Por fim, embora tenham sido propostas intervenções relevantes à adaptação climática escolar, é importante salientar que nem todas se encaixam no parâmetro de baixo impacto e baixo custo, a exemplo da cobertura em estrutura metálica proposta para a quadra esportiva. Ainda que esta seja a solução mais viável para esse ambiente, além de estar condicionada aos parâmetros urbanísticos impostos pelo IPHAN, e a instalação da estrutura depender de aprovação prévia do órgão público em questão, a estimativa de gastos evidencia a persistência das desigualdades socioespaciais, a qual limita a efetividade e possibilidades de intervenções em edificações pré-existentes e revela os desafios que permeiam a consolidação de espaços verdadeiramente inclusivos e resilientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABALEN, Isabela; **PENAFORTE**, Raquel. Onda de calor: a cada 100 salas de aula, só 8 são climatizadas em Minas Gerais. *O Tempo*, Belo Horizonte, 17 nov. 2023. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/cidades/onda-de-calor-a-cada-100-salas-de-aulas-so-8-s-ao-climatizadas-em-minas-gerais-1.3276772>. Acesso em: 22 ago. 2025

ABREU, Willian. *Solstício de junho: inverno no Sul, verão no Norte*. In: INVIVO FIOTRUZ. Disponível em: <https://www.invivo.fiocruz.br/cienciaetecnologia/solsticio/>. Acesso em: 29 jul. 2025.

AMORIM, C. N.; BRITO, A. K. M.; SILVA, P. C. *Conforto ambiental e sustentabilidade na arquitetura: desafios e perspectivas*. São Paulo: Blucher, 2019.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. *Climate*, v. 5, p. 91-104, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cli5040091>. Acesso em: 20/02/2025.

ANPUR. Conforto nas escolas: análise térmica e ambiental. *Anais da ANPUR*, [s.d.]. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45032168/CONFORTO_NAS_ESCOLAS-libre.pdf?1461470481=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCONFORTO_E_AMBIENTE_ESCOLAR.pdf&Expires=1739366017&Signature=btupUMd3LLhO1WgOnuNOZS9z8Z09qqiy01zN0FKpICJJVVWKZWJ11VNtJlulSfl5tKFdwOSXJZFWccUOj2OPhKivVaTws-2Fdjz0DfZ8rYm3ly3yGMyD~XYY8HQvQ4U~Eg-6P3S8~u1l8ilnMTTSO30XVR~XzPkJ~neKYfUF3~rgb-l34eNCBj1ZlmLic42FmPENm8jtkcve~RSJ4p46l1yu82G~7AGVNVO3TmqbO3e-i1eUTaBvIHJ7dwmWqs9oAleoitalF5XiDNbEP L2fBc~isBwDiQ2~JrzRG7K~BW4xM7YwvVHF~yxXgGu-d3w2xUr27S8ggz1y5RrgL TEOw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 20/02/2025.

ARCHDAILY. Soluções baseadas na natureza para adaptação em cidades: o que são e por que implementá-las. *ArchDaily Brasil*, 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/983817/solucoes-baseadas-na-natureza-para-adaptacao-em-cidades-o-que-sao-e-por-que-implementa-las>. Acesso em: 20/02/2025.

ATTMANN, Otto Van. *Green architecture: advanced technologies and materials*. New York: McGraw-Hill, 2010. Acesso em: 22/07/2025.

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). *Quadra Coberta Aberta*. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/programas/pa/r/quadra-coberta-aberta>. Acesso em: 22 ago. 2025.

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). *Portaria nº 312, de 20 de outubro de 2010*. Dispõe sobre os critérios para a preservação do Conjunto Arquitetônico e Urbanístico de Ouro Preto, Minas Gerais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 out. 2010. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Portaria_n_312_de_20_de_outubro_de_2010.pdf. Acesso em: 22 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Quadras esportivas. Brasília, 2025. Disponível em: https://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/35008?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 22 ago. 2025.

CAPEs. Desafios para a sustentabilidade urbana nas cidades brasileiras. *Educapes*, [s.d.]. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/642878/3/LIVRO%20DESAFIOS%20PARA%20A%20SUSTENTABILIDADE%20URBANA%20NAS%20CIDADES%20BRASILEIRAS.pdf>. Acesso em: 20/02/2025.

CARVALHO, Silvana de; VITTORINO, Fábio. **A ventilação natural e sua contribuição para o conforto térmico nas edificações escolares.** *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 49–62, jan./mar. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/QzrycMWkcrBGM7HkH7RWPVc/>. Acesso em: 30 jul. 2025.

CAVALCANTI, José. Coberturas em Construção Civil: Materiais e Estruturas. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 256 p.

CETESB. Impactos da urbanização sobre os recursos hídricos. *CETESB*, 2014. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/ribeiro_impactos.pdf. Acesso em: 20/02/2025.

CGEE. Soluções baseadas na natureza para um novo urbanismo. *CGEE*, [s.d.]. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/74200512/cgee_rpe_50-libre.pdf?1636036166=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSolucoes_baseadas_na_Natureza_para_um_no.pdf&Expires=1739367128&Signature=TAMe94lmjghhfUmoiiYCF2d7pUfT-RAUfBQK3eyiEF09haQ~Y-5qQsmQtgznl3WXtTDGUpH2sL0wrQ1ZN6sUw42ZRskw9SjjGHI05N-uOlxPCVWzpfKuA9Z5xqjJ4zdn3ALx6GcBFXNWxMM90bH~5aHZIsJoApAjyLxHd-rxCMqFN28Oqs~mj4~M~XjhHJocAs3wEQzAEWibiJKZMePsVHCzOM74~qzGc8NhtQ0aMWEXG~d-nZORrorSbSaRLVK6J7JFsU8HbG1o1qgtunmpEc-6dPiMBRuXLTT35Mx-MJuuQbLtrv~OCyVRQuamE5Whb~D3PBC8Q~pr8vxOfRwgA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=69. Acesso em: 20/02/2025.

CNN BRASIL. Chuvas no RS: quase 80% das cidades gaúchas foram afetadas; veja lista. *CNN Brasil*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/chuvas-no-rs-quase-80-das-cidades-gauchas-foram-afetadas-veja-lista/>. Acesso em: 20/02/2025.

CNN BRASIL. Um mês de enchentes no Rio Grande do Sul: veja situação do estado. *CNN Brasil*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/um-mes-de-enchentes-no-rio-grande-do-sul-veja-situacao-do-estado/>. Acesso em: 20/02/2025.

CONFINS. Urbanização e crise climática: desafios e perspectivas. *Confins*, [s.d.]. Disponível em: https://journals.openedition.org/confins/31403?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 23/02/2025.

CONSTRUÁGIL CONSTRUTORA LTDA. *Zonas Bioclimáticas*. Disponível em: <https://www.construagil.eu/post/zonas-bioclim%C3%A1ticas>. Acesso em: 14 jul. 2025.

CORRÊA, Samira. Percepções sobre o ambiente escolar- Escola Municipal Professora Juventina Drummond. 2025. Formulário eletrônico. Disponível em: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSduxilHEuSTlgJyT33WxosNRGOoFoi-6noxMO12nOpqSYGh9A/viewform?usp=sharing&oid=101709155620216625275>. Acesso em: 22 ago. 2025.

FAORO, Raymundo. *Os Donos do Poder: Formação do Patronato Político Brasileiro*. São Paulo: Globo, 2001.

FAVAROLO, V.; MANZ, H. A. Influência da localização das aberturas e da área de ventilação natural na ventilação de um ambiente. *Arquitetura e Construção*, São

Paulo, v. 7, n. 1, p. 53-62, jan./jun. 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ac/a/CQpcJ4HHbmgVfJFTwrmKNwp/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 05 ago. 2025.

FIOCRUZ. Estudo aponta que negros são os mais impactados pelas ondas de calor. *Portal Fiocruz*, 2024. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/2024/11/estudo-aponta-que-negros-sao-os-mais-impactados-pelas-ondas-de-calor>. Acesso em: 23/02/2025.

GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION. *2020 Global Status Report for Buildings and Construction*. Disponível em: <https://globalabc.org/>. Acesso em: 24/02/2025.

HIRSCH, Tawnni Boiani. *O exercício do direito à cidade sob a ótica do uso e do acesso às praças públicas pela população da periferia urbana sul de Santa Cruz do Sul/RS*. Santa Cruz do Sul, 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2022: 87% da população brasileira vive em áreas urbanas . Agência de Notícias IBGE, 21 atrás. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41901-censo-2022-87-da-populacao-brasileira-vive-em-areas-urbanas> . Acesso em: 13/03/2025.

INSTITUTO LUIZA. Ebook gratuito: Soluções Baseadas na Natureza. *Instituto Luiza*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.institutoluiza.org.br/ebook-gratuito-solucoes-baseadas-na-natureza>. Acesso em: 23/02/2025.

IPCC. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Longer Report*. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport_PO.pdf. Acesso em: 23/02/2025.

IPHAN – INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. *Portaria nº 312, de 20 de outubro de 2010*. Dispõe sobre os critérios para a preservação do Conjunto Arquitetônico e Urbanístico de Ouro Preto. Brasília, 2010. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Portaria_n_312_de_20_de_outubro_de_2010.pdf . Acesso em: 18 ago. 2025.

IUCN. *Soluções baseadas na natureza: guia prático*. 2020. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-En.pdf>. Acesso em: 23/02/2025.

JACOBI, Pedro Roberto; **ALMEIDA**, Maria Helena. A contribuição do paisagismo para o conforto térmico em áreas urbanas. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, p. 33-46, 2012.

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Eficiência energética em edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:

<https://labeee.ufsc.br/index.php/pt-br/linhas-de-pesquisa/eficiencia-energetica-em-edificacoes>. Acesso em: 30 jul. 2025.

MERCY FOR ANIMALS. 6 dos 9 limites planetários já foram ultrapassados, segundo estudo publicado pelo Centro de Resiliência de Estocolmo. *Mercy For Animals*, [s.d.]. Disponível em:

<https://mercyforanimals.org.br/blog/6-dos-9-limites-planetarios-ja-foram-ultrapassado-s-segundo-estudo-publicado-pelo-centro-de-resiliencia-de-estocolmo/>. Acesso em: 23/02/2025.

MONTEIRO DOS SANTOS, D. et al. Desigualdades demográficas e sociais do século XXI em termos de mortes relacionadas ao calor em áreas urbanas brasileiras. *PLoS ONE*, v. 19, n. 1, p. e0295766, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295766>. Acesso em: 23/02/2025.

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. Solstício de verão e solstício de inverno: qual a diferença entre eles? *National Geographic Brasil*, 21 jun. 2023. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/espaco/2023/06/solsticio-de-verao-e-solsticio-de-inverno-qual-a-diferenca-entre-eles>. Acesso em: 29 jul. 2025.

NOGUEIRA, M. L. *Conforto térmico na arquitetura bioclimática*. São Paulo: Annablume, 2010. Acesso em: 21/07/2025.

OURO PRETO. *Lei Complementar nº 93, de 20 de janeiro de 2011*. Estabelece normas para o parcelamento, uso e ocupação do solo no município de Ouro Preto. Ouro Preto, MG: Prefeitura Municipal de Ouro Preto, 2011. Disponível em: <https://www.ouropreto.mg.gov.br/static/lei-complementar-93-parcelamento-uso-e-ocupacao-do-solo.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2025.

OURO PRETO. Secretaria de Planejamento e Gestão. *Atlas de Justiça e Cidadania Ambiental: bairros de Ouro Preto*. Ouro Preto: Prefeitura Municipal de Ouro Preto, 2022. Disponível em: <https://www.ouropreto.mg.gov.br/static/arquivos/A0-AJCA-Bairros-Ouro-Preto-2022>

PASSABÉM (MG). Prefeitura Municipal. Orçamento para construção de cobertura metálica da quadra poliesportiva central. Passabém, 2023. Disponível em: https://passabem.mg.gov.br/uploads/licitacao_id_304/ORCAMENTO.pdf. Acesso em: 22 ago. 2025.

PATTO, Maria Helena Souza. **A produção do fracasso escolar: onde estão as contradições?** 6. ed. São Paulo: Editora Cortez, 1999.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Manual Técnico de Arborização Urbana. São Paulo: Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, 2015.

PORTAL ALUMÍNIO. *Esquadrias de Alumínio Sob Medida: Preço e Vantagens.* 26 dez. 2024. Disponível em: Portal Alumínio. Acesso em: 22 ago. 2025.

REDALYC. Desafios para a sustentabilidade urbana nas cidades brasileiras. *Redalyc*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/752/75212355006.pdf>. Acesso em: 23/02/2025.

REVISTA FT. A urbanização de áreas periféricas como instrumento de promoção da cidadania no contexto brasileiro. *Revista FT*, [s.d.]. Disponível em: <https://revistافت.com.br/a-urbanizacao-de-areas-perifericas-como-instrumento-de-promocao-da-cidadania-no-contexto-brasileiro/>. Acesso em: 20/02/2025.

ROLNIK, Raquel. *Guerra dos lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças.* São Paulo: Boitempo, 2015.

SCIELO. Soluções baseadas na natureza para um novo urbanismo. *SciELO*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/JsNKYLVB7DBsnggKyKxMczk/>. Acesso em: 20/02/2025.

SOCIETY OF BUILDING SCIENCE EDUCATORS – SBSE. *Climate Consultant.* Software gráfico para análise climática e apoio ao projeto bioclimático. Disponível em: <https://www.sbse.org/resources/climate-consultant> . Acesso em: 14 jul. 2025.

TABATCHEIK, Ariane Stefania. Crise climática: caminhos para enfrentar seus efeitos nas habitações em Curitiba. *Climate crisis: paths to face its effects on houses in Curitiba.* Cadernos Metrópole, São Paulo, v. 25, n. 58, p. 947-967, set./dez. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cm/a/QP4qvvdjnjhgMd6W6qd4jYh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 out. 2023.

UN-HABITAT. *State of the World's Cities 2008/2009: Harmonious Cities.* Londres: United Nations Human Settlements Programme, 2008. Disponível em: <https://anais.anpur.org.br/index.php/anaisenapur/article/view/1609/1588>. Acesso em: 19/02/2025.

VALOR ECONÔMICO. Parcela da população que vive nas cidades se aproxima dos 90%, diz presidente do IBGE. *Valor Econômico*, 2024. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2024/02/23/parcela-da-populao-que-vive-nas-cidades-se-aproxima-dos-90-pontos-percentuais-diz-presidente-do-ibge.ghtml>. Acesso em: 19/02/2025.

VILLAÇA, Flávio. *Espaço intra-urbano no Brasil.* São Paulo: Studio Nobel, 1998.

VOZ ATIVA. Capela Santana. Disponível em: <https://jornalvozativa.com/turismo/capela-santana/>. Acesso em: 18 ago. 2025

WEBER, J. M. et al. Avaliação de estratégias de ventilação natural para salas de aula em clima subtropical úmido. *Arquitetura e Construção*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 23-57, jan. 2023. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/ac/a/kSWBJ4c8hXkDv4d3W8bBHYt/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 05 ago. 2025.

WINDY. *Previsão do tempo e ventos em tempo real.* Disponível em: <https://www.windy.com/>. Acesso em: 30 jul. 2025.