



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

ANDRÉ VITOR COSTA DE MORAES

**PROPOSTA DE RETROFIT PARA MELHORIA DO DESEMPENHO
TERMOENERGÉTICO E ACÚSTICO DO PRÉDIO DO NAEA/UFPA**

BELÉM

2025

ANDRÉ VITOR COSTA DE MORAES

**PROPOSTA DE RETROFIT PARA MELHORIA DO DESEMPENHO
TERMOENERGÉTICO E ACÚSTICO DO PRÉDIO DO NAEA/UFPA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Pará como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profa. Dra. Elcione Maria Lobato de Moraes.

Coorientador: Arq. Msc. Filipe Menezes De Vasconcelos.

BELÉM

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

M827p Moraes, André Vitor Costa de.
Proposta de retrofit para melhoria do desempenho termoenergético e acústico do prédio do NAEA/UFPA / André Vitor Costa de Moraes. — 2025.
152 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Elcione Maria Lobato de Moraes

Coorientador(a): Prof. Me. Filipe Menezes de Vasconcelos

Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Belém, 2025.

1. Eficiência Energética. 2. Simulação Termoenergética. 3. Conforto Ambiental. 4. Conforto Acústico. I. Título.

CDD 720.47

ANDRÉ VITOR COSTA DE MORAES

**PROPOSTA DE RETROFIT PARA MELHORIA DO DESEMPENHO
TERMOENERGÉTICO E ACÚSTICO DO PRÉDIO DO NAEA/UFPA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Pará como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Data de aprovação: 09 / 07 / 2025

Banca Examinadora:

Profa. Dra. ELCIONE MARIA LOBATO DE MORAES
Orientadora – FAU-UFPA

Arq. MSc. FILIPE MENEZES DE VASCONCELOS
Coorientador – CEAMAZON-UFPA

Prof. Dr. MÁRCIO SANTOS BARATA
Avaliador Interno – FAU-UFPA

JACKQUELLINE CRISTINA DO NASCIMENTO AZEVEDO
Avaliador externo – CEAMAZON-UFPA

BELÉM
2025

A todos que estiveram comigo nessa longa caminhada por todo apoio e incentivo que recebi ao longo de todos esses anos.

AGRADECIMENTO

Aos meus pais, Edinaldo Barbosa e Maria Madalena Sousa, pelo incentivo aos meus estudos, por prover um ambiente acolhedor, por todos os sacrifícios diários que fazem para que eu possa buscar novas oportunidades, por estarem comigo em todas as minhas conquistas e torná-las possíveis.

À minha madrinha, Meiry Monteiro, que durante toda a minha vida cuidou de mim como um de seus filhos e se tornou uma segunda mãe. Pelo exemplo de pessoa que corre atrás dos seus sonhos e busca a felicidade acima de tudo. Ao meu padrinho, Roberto Gomes, que me acolheu como um de seus filhos e encheu minha infância de momentos alegres.

Aos meus irmãos por todos os momentos de descontração que tornam o dia mais leve. Aos meus avós por todo o carinho, pelo cuidado e por todas as valiosas lições de vida e histórias que têm para contar.

À minha orientadora, Elcione Moraes, que me aceitou e confiou em mim no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Filipe Vasconcelos, que se tornou um exemplo de profissional para mim, por ter aceitado me guiar e por tudo que conseguiu me ensinar em tão pouco tempo.

À minha grande amiga, Dayane Terto, que merece um agradecimento especial pela parceria e companhia durante os longos anos da faculdade e por me ajudar a encontrar um caminho profissional onde me encontre feliz. A todos os colegas da faculdade com quem passei grande parte dos últimos anos.

Aos colegas do LABSIM, Jackqueline Azevedo, Ana Beatriz Rocha, Bianca Beatriz, Bernardo Contente e Murillo Almeida, pelo companheirismo, por tornar os dias mais leves, por tudo que conseguimos ensinar uns aos outros e por toda a ajuda que me proveram durante esse último ano.

A mente verdadeira pode superar todas as mentiras e ilusões sem se perder. O coração verdadeiro pode lidar com o veneno do ódio sem sofrer danos. Desde tempos imemoriais, as trevas vicejam no vazio, mas sempre se rendem à luz purificadora. (O Cometa de Sozin Parte 2 - Os Velhos Mestres, 2008)

RESUMO

As edificações são responsáveis por uma parcela significativa das emissões totais de CO₂ e do consumo final de energia nas cidades. A promoção de edifícios mais eficientes não somente contribui para a preservação do meio ambiente, como também pode oferecer maior conforto térmico, lumínico e acústico para os usuários. A partir da Instrução Normativa N°02, de 04 de junho de 2014, tornou-se obrigatório que prédios públicos federais atendam níveis A de eficiência energética. Diante desse cenário, este trabalho propõe fazer uma análise do desempenho termoenergético do prédio do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) da Universidade Federal do Pará (UFPA), assim como realizar uma avaliação da acústica das salas de aula, biblioteca e auditórios da edificação. A metodologia utilizada para a primeira parte do trabalho é a simulação computacional com uso dos programas EnergyPlus, OpenStudio e SketchUp. Para a avaliação acústica dos ambientes, foram feitos cálculos do tempo de reverberação segundo a equação de Eyring e os cálculos de nível de pressão sonora para avaliação do isolamento. O objetivo geral do trabalho é a elaboração da proposta de *retrofit* para o prédio, visando a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) Geral de edifício construído classe “A” e adequação do desempenho acústico dos espaços de ensino do prédio, seguindo os critérios recomendados pela norma ABNT NBR 10152:2017. Quanto à eficiência energética, a análise encontrou resultados positivos para a envoltória, mas ineficiente para os demais sistemas. Após as propostas, todos os sistemas alcançaram o nível A da INI-C. Para a acústica, encontrou-se que o isolamento era satisfatório, porém os ambientes necessitavam de maior absorção para alcançar o nível de tempo de reverberação excelente. Com a aplicação de nuvens acústicas, foi possível garantir que todos os espaços estudados alcançassem níveis bons ou excelentes quanto a absorção.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Simulação Termoenergética; Conforto Ambiental; Conforto Acústico.

ABSTRACT

Buildings account for a significant portion of CO₂ emissions and final energy consumption in cities. The promotion of more efficient buildings not only contributes to environmental preservation but also can provide greater thermal, lighting, and acoustic comfort for users. As of Normative Instruction No. 02, of June 4, 2014, it became mandatory for federal public buildings to meet higher levels of energy efficiency. In this context, this study proposes to analyze the thermo-energetic performance of the building Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) at the Federal University of Pará (UFPA) and evaluate the acoustics of the classrooms, library, and auditoriums within the structure. The methodology employed for the first part of the study involves computer simulation using the softwares EnergyPlus, OpenStudio, and SketchUp. For the acoustic assessment of the environments, calculations of reverberation time were conducted following the Eyring equation and sound pressure level calculations to assess insulation. The overall objective of the study is to develop a retrofit project for the building, aiming for the highest National Energy Conservation Certification for constructed buildings, and addressing the acoustic performance of the educational spaces within the building (classrooms, two auditoriums, and the library) according to the criteria recommended by the Brazilian Association of Technical Standards - ABNT NBR 10152:2017. Regarding energy efficiency, the analysis found positive results for the envelope, but inefficient for the other systems. After the proposals, all systems achieved INI-C level A. Regarding acoustics, it was found that the insulation was satisfactory, but the environments needed greater absorption to achieve an excellent reverberation time level. By applying acoustic clouds, it was possible to ensure that all the spaces studied achieved good or excellent absorption levels.

Keywords: Energy Efficiency; Thermoenergetic Simulation; Indoor Environmental Quality; Acoustic Comfort.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplo de ENCE.	21
Figura 2 - Interface do SketchUp para Windows.	25
Figura 3 - Visão geral da interface do aplicativo OpenStudio.	26
Figura 4 - Mapa de localização do NAEA.	28
Figura 5 - Entrada do NAEA na década de 1970.	29
Figura 6 - Fachada Oeste do NAEA.	32
Figura 7 - Diferentes combinações de ar-condicionado.	34
Figura 8 - Auditório Armando Dias Mendes.	38
Figura 9 - Miniauditório Mário Miguel Amin G. Herreros.	39
Figura 10 - Biblioteca José Marcelino Monteiro da Costa.	39
Figura 11 - Salas de aulas.	40
Figura 12 - Fluxo geral de trabalho.	41
Figura 13 - Programas de simulação termoenergética.	44
Figura 14 - Divisão dos blocos do NAEA.	45
Figura 15 - Fluxo de trabalho <i>SketchUp OpenStudio</i>	46
Figura 16 - Correspondência das superfícies.	47
Figura 17 - Modelos da edificação na condição real.	47
Figura 18 - Fluxo de trabalho no OpenStudio.	48
Figura 19 - Fluxograma da modelagem do solo pelo Ground Domain.	53
Figura 20 - Modelagem da edificação de referência.	55
Figura 21 - Tempo ótimo de reverberação.	58
Figura 22 - Fluxo de trabalho de análise do condicionamento acústico.	60
Figura 23 - Fluxo de trabalho de análise do isolamento acústico.	61
Figura 24 - Modelo do brise.	82
Figura 25 – Renderização da fachada Sul do bloco A.	82
Figura 26 – Traçado do mascaramento do brise aplicado na carta solar.	83
Figura 27 - Divisão do sistema de iluminação nas salas de aula.	87
Figura 28 - Divisão do sistema de iluminação nas salas de escritório.	87
Figura 29 - Sensor de presença microcontrolado.	88
Figura 30 - Coeficiente de absorção sonora da placa acústica SONEX illtec.	94
Figura 31 - Coeficiente de absorção sonora da Nuvem Decor IR50.	94
Figura 32 - Comparação do tempo de reverberação da sala de aula 14.	95
Figura 33 - Comparação do tempo de reverberação das salas de aula 13 e 15.	95
Figura 34 - Comparação do tempo de reverberação das salas de aula 12 e 17.	96
Figura 35 - Comparação do tempo de reverberação do miniauditório.	96
Figura 36 - Comparação do tempo de reverberação do auditório.	96
Figura 37 - Comparação do tempo de reverberação da biblioteca.	97
Figura 38 – Aplicação das nuvens acústicas na sala de aula 14.	99
Figura 39 – Aplicação dos forros nas salas de aulas maiores.	99
Figura 40 – Aplicação dos forros no auditório.	100
Figura 41 – Aplicação dos forros no SketchUp.	100
Figura 42 - Porta Multidoor Maresias PIA-C4 Acústica.	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Lista de ambientes do NAEA.....	30
Quadro 2 - Materiais construtivos do NAEA.....	33
Quadro 3 - Lista de condicionadores de ar.....	35
Quadro 4 - Tipos de luminárias do NAEA.....	36
Quadro 5 - Modelos de lâmpadas do NAEA.....	36
Quadro 6 - Definições de agendas por tipo de espaço.....	49
Quadro 7 - Propriedades térmicas dos materiais construtivos.....	50
Quadro 8 - Lista de construções.....	51
Quadro 9 - Parâmetros da condição de referência.....	55
Quadro 10 - Consumos finais e carga térmica simulados, em kWh.....	64
Quadro 11 - Percentual de redução da carga térmica total anual.....	66
Quadro 12 - Determinação do coeficiente de redução de carga térmica total anual da classificação D para a A e do intervalo entre as classes de classificação de eficiência energética da envoltória.....	67
Quadro 13 - Limites dos intervalos da classificação de eficiência da envoltória.....	67
Quadro 14 - Classificação de eficiência energética da envoltória.....	67
Quadro 15 – Consumo de refrigeração e percentual de redução do consumo de refrigeração.....	68
Quadro 16 - Limites dos intervalos da classificação de eficiência energética para o sistema de condicionamento de ar.....	68
Quadro 17 - Classificação de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.....	69
Quadro 18 – Percentual de redução do consumo de iluminação, em %.....	70
Quadro 19 – Áreas de iluminação distribuídas por atividade e blocos e limite máximo aceitável de DPIL para a classificação A.....	71
Quadro 20 - Potência limite de consumo, consumo do sistema de iluminação e intervalo entre as classes limites de classificação.....	72
Quadro 21 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética do sistema de iluminação.....	72
Quadro 22 - Classificação de eficiência energética do sistema de iluminação.....	73
Quadro 23 - Cálculo para determinação do Lint e isolamento sonoro do Auditório.....	79
Quadro 24 - Materiais construtivos do prédio do NAEA.....	84
Quadro 25 - Classificação de eficiência energética da envoltória do modelo proposto.....	86
Quadro 26 - Tipos de luminária e de iluminação propostos.....	89
Quadro 27 - Classificação de eficiência energética do sistema de iluminação do modelo proposto.....	90
Quadro 28 – Modelos de ar-condicionado propostos.....	91
Quadro 29 - Classificação de eficiência energética do sistema de refrigeração do modelo proposto.....	92
Quadro 30 - Materiais especificados para o condicionamento acústico.....	93
Quadro 31 – Ficha técnica da Porta Multidoor Maresias PIA-C4 Acústica.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de referência de níveis de pressão sonora para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso.....	24
Tabela 2 - Coeficiente de absorção dos materiais.	56
Tabela 3 – Correção do tempo ótimo de reverberação para as demais frequências.	59
Tabela 4 - Área de cada material por ambiente, em m ²	59
Tabela 5 - Valores de perda na transmissão para sons aéreos.	61
Tabela 6 - Nível de pressão sonora emissores.	62
Tabela 7 - Diferença entre o tempo de reverberação na condição atual e o tempo ótimo.	77
Tabela 8 - Quadro-síntese da proposta.	85
Tabela 9 - Diferença entre o tempo de reverberação na condição proposta e o tempo ótimo.	97

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempo de reverberação da sala de aula 14 na condição atual.	74
Gráfico 2 - Tempo de reverberação das salas de aula 12 e 17 na condição atual...74	74
Gráfico 3 - Tempo de reverberação das salas de aula 13 e 15 na condição atual...75	75
Gráfico 4 - Tempo de reverberação do miniauditório na condição atual.	75
Gráfico 5 - Tempo de reverberação do auditório na condição atual.....	76
Gráfico 6 - Tempo de reverberação da biblioteca na condição atual.	76
Gráfico 7 - Comparação entre carga térmica do modelo proposto, atual e de referênci.....	85
Gráfico 8 - Comparação entre o consumo de iluminação do modelo proposto, atual e de referênci.....	89
Gráfico 9 - Comparação entre o consumo de refrigeração do modelo proposto, atual e de referênci.....	92

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado
CLI	Interface de linha de comando
CO2	Dióxido de Carbono
COP	Coefficiente de desempenho
DPE	Densidade de potência de equipamento
DPI	Densidade de potência de iluminação
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
INI-C	Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
MME	Ministério de Minas e Energia
NAEA	Núcleo de Altos Estudos Amazônicos
NBR	Norma Brasileira
NZE	Net Zero Emission
ONU	Organização das Nações Unidas
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PLS	Plano de Gestão de Logística Sustentável
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PVC	Policloreto de vinila
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações
RNA	Redes neurais artificiais
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
SDK	Kit de desenvolvimento de software
TOT	Tempo ótimo de reverberação
UFPA	Universidade Federal do Pará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Justificativa.....	15
1.2	Objetivos	17
1.2.1	Objetivo geral.....	17
1.2.2	Objetivos específicos.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Histórico da etiquetagem de edificações no Brasil	18
2.1	Nova Instrução Normativa Inmetro para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C).....	20
2.3	O conforto acústico em ambientes educacionais	21
2.4	Programas de simulação termoenergética	24
2.4.1	SketchUp	24
2.4.2	OpenStudio.....	25
2.4.3	EnergyPlus	26
3	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	28
3.1	Lista de ambientes	30
3.2	Envoltória	31
3.3	Sistema de refrigeração	34
3.4	Sistema de iluminação	36
3.5	Características físicas dos ambientes do tratamento acústico.....	38
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	41
4.1	Levantamento de dados.....	42
4.2	Organização Técnica	43
4.3	Procedimentos para a Simulação Computacional.....	43
4.3.1	Modelagem da edificação real	44
4.3.2	Configurações dentro do OpenStudio.....	47
4.3.3	Configurações dentro do <i>EnergyPlus</i>	52
4.3.4	Elaboração do modelo de referência	54
4.4	Análise dos ambientes para o condicionamento e isolamento acústico.....	56
5	RESULTADOS	64

5.1	Dados de saída pós-simulação	64
5.2	Classificação de eficiência energética.....	65
5.2.1	Determinação da classificação de eficiência energética da Envoltória ..	65
5.2.2	Determinação da classificação de eficiência energética do Condicionamento de Ar	68
5.2.3	Determinação da classificação de eficiência energética do sistema de iluminação.....	70
5.3	Avaliação da acústica na condição atual.....	73
6	DISCUSSÃO E MELHORIAS	80
6.1	Melhorias referentes a envoltória	80
6.2	Melhorias referentes ao sistema de iluminação	86
6.3	Melhorias referentes ao sistema de ar-condicionado	90
6.4	Melhorias referentes à acústica dos ambientes	93
7	CONCLUSÕES.....	103
7.1	Limitações da pesquisa	105
7.2	Contribuição para a teoria	105
7.3	Contribuição para a prática	105
7.4	Sugestão de novas pesquisas	106
	REFERÊNCIAS	107

1 INTRODUÇÃO

A crise climática tem sido pauta de discussões globais. Segundo a Agência Internacional de Energia, o número de países que afirmam seu compromisso de reduzir emissões de gases do efeito estufa cresce, entretanto, as emissões também aumentam. Assim, é possível notar que existe uma grande discrepância entre promessas e ações definitivas para que os objetivos internacionais sobre clima sejam alcançados (IEA, 2021, p. 3). Atualmente, o setor da construção civil representa um papel importante para que se atinja os cenários de emissão zero (NZE – Net Zero Emission) até 2050, contudo necessita de esforços significativos na próxima década para que as metas internacionais sejam viáveis (IEA, 2022).

De acordo com relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (2022), o setor construtivo representou 37% das emissões totais de CO₂ e 34% do consumo final global do setor de energia no ano de 2021. Ainda neste relatório, verifica-se um crescimento em investimentos de 51,9% bilhões de dólares na descarbonização em edificações. Estes dados mostram um cenário favorável para o desenvolvimento sustentável, apoiado em políticas públicas pautadas na busca por mais eficiência e pela descarbonização no setor da construção civil.

Vieira (2022) aponta o papel do arquiteto na elaboração de espaços que contribuam para o bem-estar dos usuários. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) descrevem o conceito de Eficiência Energética como algo inerente aos edifícios, que representa a capacidade de possibilitar de atender as necessidades de conforto térmico, lumínico e acústico dos indivíduos que convivem em determinado espaço

Tanto em ambientes comerciais quanto residenciais, a preocupação com a qualidade do ambiente interno é essencial para a promoção de espaços mais humanizados. Em locais destinados à educação ou à pesquisa, as soluções arquitetônicas devem estar bem resolvidas e devem garantir conforto aos usuários de modo a estimular a realização de atividades (DALVITE *et al.*, 2007). Bistafa (2011) destaca os efeitos negativos causados por ruídos em níveis excessivos, desde os efeitos fisiológicos – como a perda da audição – aos efeitos psicológicos, afetando o desempenho intelectual e produtivo das pessoas.

Perante o exposto, este trabalho desenvolve uma proposta de melhoria do desempenho termoenergético e acústico do prédio do Núcleo de Altos Estudos

Amazônicos (NAEA) na Universidade Federal do Pará (UFPA), no campus do Guamá, em Belém do Pará. O estudo será feito através de simulação computacional com os softwares *EnergyPlus*, *OpenStudio* e *SketchUp*, utilizando parâmetros estabelecidos pela nova Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), de 2022. O desempenho acústico do prédio será avaliado pelo cálculo do tempo de reverberação pela fórmula de Eyring e segundo critérios especificados pela ABNT NBR 10152:2017.

1.1 Justificativa

No âmbito da Universidade Federal do Pará, observa-se o aumento do interesse em ações de promoção ao desenvolvimento de pesquisas voltadas à eficiência energética. Fundamentado no Plano de Gestão de Logística Sustentável – PLS, a UFPA procura reduzir custos com eletricidade por meio de diversas medidas aplicadas e adoção de práticas ambientalmente conscientes. (PLS, 2019)

Como exemplos de atividades promovidas pela universidade, percebe-se: campanhas de conscientização, como o “É da Nossa Conta” (MIKAYE, 2019); cursos de capacitação de profissionais para atuação na área, a exemplo do Curso de Especialização em Conforto Ambiental e Eficiência Energética promovido pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (BARROS, s.d.), e o Curso de Especialização em Análise e Diagnóstico em Eficiência Energética e Qualidade da Energia Elétrica, ministrado no Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia (CEAMAZON); e projetos de pesquisas, destacando-se aqui o Projeto de Gestão de Energia e Eficiência Energética, que possui uma frente dedicada ao consumo eficiente em edificações.

O papel de edifícios eficientes não pode ser desconsiderado nas discussões sobre sustentabilidade e conforto do usuário. De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a eficiência energética deve ser pensada como elemento imprescindível à arquitetura, indicando a capacidade da edificação de proporcionar conforto térmico, lumínico e acústico com o menor consumo de energia possível.

Nos últimos anos, têm sido desenvolvidos novos métodos de avaliação de eficiência energética em edificações (CB3E, [s.d]). A adoção de medidas para o aproveitamento eficiente da energia tem o potencial de diminuir o consumo de energia em até 50% para novas construções e diminuir o consumo em 30% no caso de

edifícios submetidos a processos de *retrofit* (REIS, 2022). Assim, espera-se que seja desenvolvido um mercado mais criterioso e consciente quanto a qualidade e desempenho das novas construções.

Em instituições de ensino superior, o condicionamento acústico é um aspecto fundamental para garantir um espaço de aprendizado eficaz e saudável, tanto para os alunos quanto para os professores. Ambientes com características acústicas não adequadas podem prejudicar o processo de aprendizagem, contribuir para o baixo aproveitamento dos estudantes, afetar a produtividade e até mesmo causar prejuízos à saúde auditiva (Lucena, 2017).

O Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) é uma unidade acadêmica que atua em nível de pós-graduação e de pesquisa científica desde a década de 1970, com sua sede inaugurada no início da década de 1980 no Campus Universitário do Guamá (MOREIRA, 2018). A tipologia construtiva observada é comum a outras edificações observadas na universidade, com divisão em blocos ligadas por corredores internos, paredes de alvenaria pintadas em cores claras, as fachadas dos acessos principais em tijolo aparente e a cobertura em telhas de fibrocimento. Devido ao tempo de funcionamento, grande parte dos sistemas de iluminação e de refrigeração já não funcionam de maneira eficiente e elevam gastos com eletricidade.

Considerando-se o tempo de uso das edificações da universidade, as atualizações das normas referentes à qualidade acústica, e partindo do entendimento que a eficiência energética também implica na qualidade acústica, este trabalho buscou entender o comportamento do som nas salas de aulas do NAEA e que medidas são necessárias para readequar os ambientes educacionais.

Observando o atual contexto de economia dos gastos públicos, do aumento de ações pautadas na utilização racional de energia dentro da própria universidade e da necessidade dos usuários quanto ao conforto em edificações, este trabalho se propõe a avaliar e identificar as oportunidades de melhoria do prédio do NAEA, com foco no desempenho termoenergético e acústico da construção.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Propor melhorias para o prédio do NAEA para obtenção da classificação “A” de eficiência energética segundo os critérios da INI-C e para adequação do conforto acústico conforme a norma ABNT NBR 10152:2017.

1.2.2 Objetivos específicos

Realizar a análise da envoltória na condição atual, avaliando as propriedades físicas dos materiais construtivos e adequação à zona climática em que a edificação se encontra;

Examinar o sistema de condicionamento de ar e o sistema de iluminação do prédio na condição atual, verificando inadequações;

Realizar simulações de consumo energético e de carga térmica do prédio objeto de estudo.

Avaliar e elaborar proposta para o desempenho e condicionamento acústico dos auditórios (2), da biblioteca e das salas de aula do prédio objeto de estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico da etiquetagem de edificações no Brasil

A crise do petróleo que ocorreu na década de 1970 impulsionou pesquisas voltadas para a área da Eficiência Energética em diversos países ao redor do mundo (ALTOÉ *et al.*, 2017). Nesse contexto, como resultado das discussões sobre a finitude dos recursos naturais e a importância da conservação de energia, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) desenvolveu o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) no ano de 1984, como uma iniciativa pioneira para informar os consumidores sobre desempenho energético dos produtos disponíveis no mercado brasileiro (MENDES *et al.*, 2005).

No ano seguinte, em 1985, é inaugurado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em parceria com a Eletrobras. O PROCEL, desde sua fundação, fomenta ações de incentivo à eficiência energética, financia projetos de pesquisa e desenvolvimento, promove ações educativas e de capacitação voltadas para a conscientização sobre o uso racional da energia elétrica e é responsável pela certificação e concessão do Selo PROCEL de Economia de Energia, atribuído a equipamentos, sistemas e edificações que atendem a requisitos estabelecidos pelo programa (PROCEL INFO, 2006).

Dias (2023) destaca a década de 1990 como um período histórico de grande importância para a construção sustentável, onde o conceito de sustentabilidade ganhou mais força e passou a ser amplamente divulgado, inclusive na construção civil. Nesse período, no mês de junho de 1992, a Organização das Nações Unidas (ONU) organizou a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro, evento que ficou conhecido como Rio-92 ou Eco-92. Esse encontro era considerado o maior evento internacional sobre o meio ambiente até então, contando com a participação de 179 países (BERNARDO, 2022).

Em 2001, com o objetivo de enfrentar desafios relacionados ao aumento do consumo de eletricidade no país, foi promulgada a Lei 10.295, conhecida como Lei da Eficiência Energética, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, reforçando a necessidade de alocar os recursos energéticos de forma eficaz e estabelecer metodologias para verificação do nível de eficácia de máquinas, equipamentos e edifícios fabricados e comercializados no país (OLIVEIRA,

2008). Dois anos depois, em 2003, é criado o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA), ampliando as ações de conservação e uso eficiente de recursos naturais em edificações através de 6 vertentes de atuação: Capacitação, Tecnologia, Disseminação, Regulamentação, Habitação e Eficiência Energética, e Planejamento. (PROCEL INFO, 2006)

Nos anos subsequentes, novas normas que tratam da performance ambiental em construções foram elaboradas. Em 2005, é lançada a primeira versão da ABNT NBR 15220:2005 (atualmente em fase de atualização), que trata do desempenho térmico de habitações, estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro e dispõe estratégias e diretrizes construtivas para melhor adequação climática. Posteriormente, é publicada a norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013, que determina critérios mínimos de desempenho, vida útil e garantia para os principais sistemas que integram tais construções. Essa norma indica três métodos de avaliação do desempenho térmico de edificações: método simplificado, de simulação e de medição in loco.

Sorgato et al. (2014) reconhece que, apesar de representar um grande passo na melhoria das habitações no Brasil, os resultados das simulações feitas seguindo critérios da ABNT NBR 15575:2013 mostravam limitações por não levar em consideração parâmetros como cargas térmicas internas, condições de contato com o solo e ventilação natural. Diante dessas questões, a norma precisou passar por uma atualização em 2021, principalmente quanto ao procedimento de simulação computacional, tais como: a adoção de uma análise anual, comparação do modelo real com um modelo de referência e o estabelecimento de novos indicadores para a avaliação do desempenho térmico.

Da parceria entre o Inmetro e a Eletrobras/PROCEL Edifica e o PBE, surge o programa PBE Edifica. No âmbito do PBE, desenvolveu-se os Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética, incluindo tantos edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C) quanto edificações residenciais (RTQ-R). Como documentos complementares, são elaborados os manuais de aplicação dos regulamentos técnicos e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC), que permite à edificação obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do Inmetro. (PBE EDIFICA, 2020)

A princípio, a utilização do RTQ-C era de caráter voluntário. Contudo, por meio da Instrução Normativa N° 02, de 04 de junho de 2014, tornou-se obrigatório que todos

os novos projetos de edificações públicas federais com área superior a 500m² sejam concebidos visando à aquisição da ENCE Geral de Projeto e da ENCE Geral da Edificação Construída classe “A” nas duas situações. A obrigatoriedade da obtenção da ENCE também é imposta para obras de *retrofit*, que devem alcançar a maior classe possível de eficiência.

Como reflexo das mudanças resultantes da atualização da norma de desempenho, o Ministério da Economia/Inmetro aprovou, em 2021, a nova Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C).

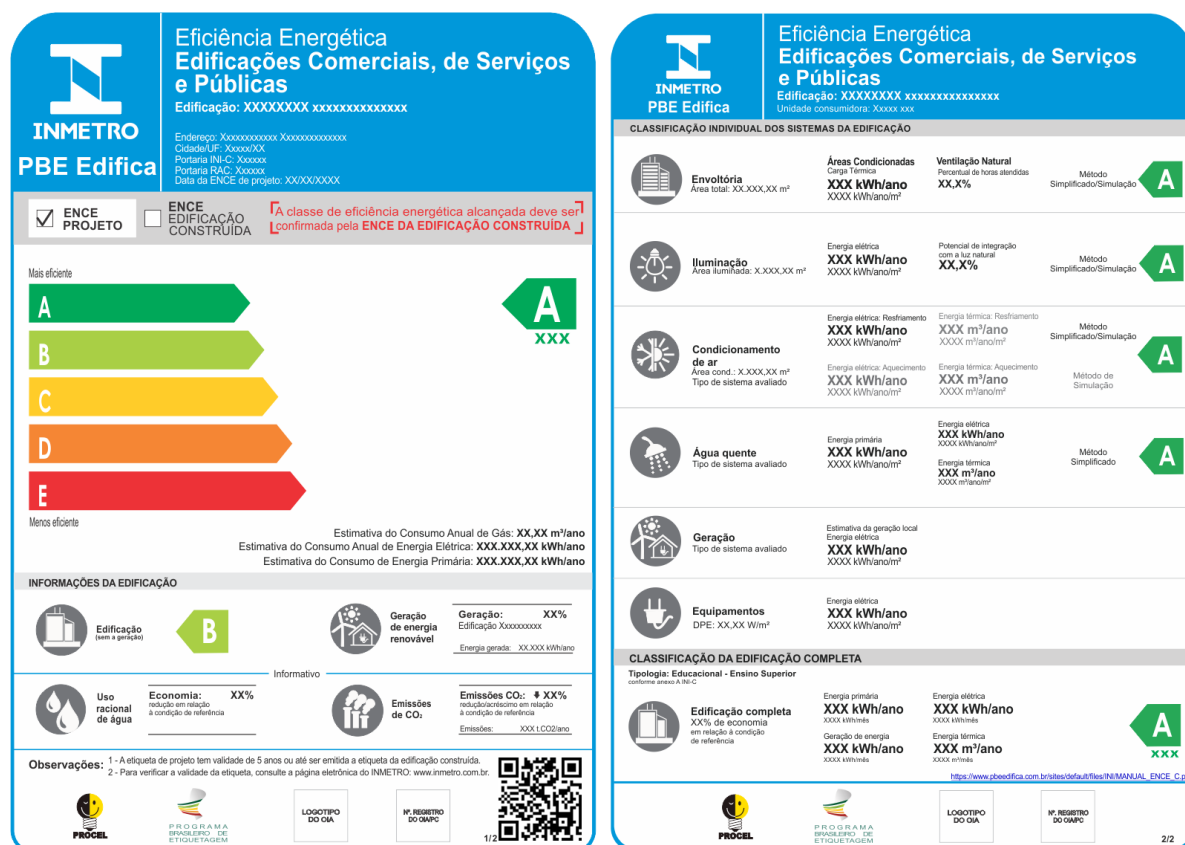
2.1 Nova Instrução Normativa Inmetro para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C)

A atual Instrução Normativa Inmetro estabelece os critérios e métodos para classificação geral ou parcial da eficiência energética de edificações comerciais, de serviço e públicas, com o objetivo de etiquetar tais construções. Os procedimentos descritos nesta Instrução Normativa são capazes de avaliar a envoltória completa e os sistemas de iluminação, de refrigeração de ar e de aquecimento de água. Na classificação geral, todos os sistemas e a envoltória são avaliados. Na classificação parcial, é obrigatório que seja avaliada a envoltória e ao menos um dos outros sistemas mencionados. (INMETRO, 2022)

Diferentemente da RTQ-C, a nova metodologia de avaliação do desempenho energético das edificações fundamenta-se no consumo de energia primária, comparando a edificação em sua condição real com a mesma edificação em uma condição de referência, que adota valores equivalentes à classificação D de eficiência energética conforme a tipologia do prédio (LEITE; HACKENBERG, 2020)

As informações resultantes da avaliação da construção são reunidas na nova etiqueta, exposta na Figura 1 - Exemplo de ENCE. Entre os dados apresentados, estão listados: a classificação da edificação completa e de seus sistemas individuais, a quantificação das emissões de dióxido de carbono, o potencial de economia de água potável, consumos por uso final e as condições de avaliação.

Figura 1 - Exemplo de ENCE.



Fonte: PBE Edifica, 2022.

Existem, atualmente, dois métodos pelos quais se pode realizar a avaliação da eficiência energética: o simplificado e o de simulação. O primeiro, apesar de menos flexível que o outro, é de fácil aplicação e engloba a maioria das soluções arquitetônicas mais comuns, contudo sua utilização somente é permitida caso a edificação respeite os limites e se enquadre dentro dos parâmetros estabelecidos pelas tabelas da instrução normativa (MADEIROS, 2022). Edifícios que possuam aberturas zenitais, dispositivos de sombreamentos móveis, ambientes que apresentam elevada geração de carga interna, vidros com comportamento dinâmico, soluções de desempenho inovadoras, formas complexas ou qualquer outra construção que não atenda algum dos parâmetros construtivos pré-estabelecidos pelo método simplificado devem ser avaliadas segundo o método de simulação (INMETRO, 2022).

2.3 O conforto acústico em ambientes educacionais

Souza, Almeida e Bragança (2012) consideram a acústica arquitetônica como uma importante componente para alcançar a qualidade dos ambientes, portanto as

decisões projetuais também devem buscar proporcionar o bem-estar acústico dos usuários para a realização de suas atividades. Em locais onde a principal atividade desenvolvida é voltada para a educação, como escolas ou faculdades, a qualidade sonora é fundamental tanto para o processo de ensino quanto para o aprendizado (BITAR; SOBRINHO; SIMÕES-ZENARI, 2018).

A presença de ruídos - além de causar desconforto, afetar o bem estar e prejudicar a saúde da população -, pode interferir negativamente nas atividades acadêmicas (Dias; Santos; Mariano, 2019). De acordo com a pesquisa de Servilha e Delatti (2014), distúrbios sonoros impactam diretamente os estudantes, levando-os a se esforçarem mais para escutar e compreender o professor, causando irritação e afetando as notas negativamente. Sendo assim, o controle de ruídos em instituições de ensino serve como uma forma de auxiliar na concentração dos alunos e melhorar a saúde auditiva e vocal de docentes (CASTRO-MARTÍNEZ *et al.*, 2016).

O ruído pode ser entendido como qualquer som indesejável à atividade de interesse (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2012). No contexto de ambiente educacional, situações como conversas paralelas durante a aula, vozes de salas adjacentes ou dos corredores, e sons de aparelhos (como um ar condicionado) podem ser considerados ruídos quando interferem na qualidade do aprendizado.

Os impactos negativos que os ruídos ocasionam à saúde é um tópico bastante discutido e investigado, levando a criação de leis e normas que têm como objetivo a regulamentação das condições de segurança e do conforto acústico (SERVILHA; DELATTI, 2014). O principal exemplo é a Norma de Desempenho (ABNT NBR 15575:2021), que norteia e estabelece os pré-requisitos de segurança e qualidade da construção (RESENDE *et al.*, 2022).

Dentre os parâmetros necessários para a avaliação acústica, deve-se conceituar o tempo de reverberação. Rabelo *et al.* (2014) definem este fenômeno como o tempo necessário, em segundos, para que ocorra uma queda de 60 dB na intensidade de um som após a emissão da energia sonora. Segundo os autores, um valor elevado deste parâmetro representa um ambiente de baixa qualidade acústica, onde ocorre interferência na inteligibilidade da fala.

Uma das formas de calcular o tempo de reverberação é pela Equação de Sabine (GERGES, 2000), que depende do volume da sala e tipo de materiais de absorção sonora, conforme a fórmula dada pela Equação 1:

$$Tr = \frac{0,161V}{A} \quad (1)$$

Onde:

Tr = Tempo de reverberação (s);
 V = Volume do ambiente (m³);
 A = absorção total

Para ambientes de alta absorção, Eyring sugere uma fórmula alternativa que considera as múltiplas reflexões das paredes como um grupo equivalente de fontes de imagem (Gerges, 2000). A fórmula é dada pela (2):

$$Tr = \frac{0,161V}{-S \ln(1 - \bar{\alpha})} \quad (2)$$

Onde:

Tr = Tempo de reverberação (s);
 V = Volume do ambiente (m³);
 S = área interna da superfície da sala
 $\bar{\alpha}$ = coeficiente de absorção médio

De acordo com Bistafa (2011), em recintos onde a principal forma de comunicação é oral – destacando-se aqui as salas de aulas e as salas de conferência –, deve-se evitar um tempo de reverberação longo, pois as reflexões das ondas sonoras causam interferência no som direto. Nessas situações, condições desfavoráveis no conforto acústico podem resultar em dispersão mental, queda do desempenho e dificuldade de compreensão e, em casos mais sérios, até mesmo danos à saúde física e mental do usuário que frequenta e permanece neste recinto.

Dois termos comumente utilizados na área da acústica arquitetônica são os de condicionamento e de isolamento. Conforme Klavdianos (2019), o primeiro refere-se à qualidade interna da acústica de um recinto, com foco nas propriedades de absorção, reflexão e difusão dos materiais aplicados. Por outro lado, o segundo termo tem relação com a capacidade de reduzir a transmissão sonora entre dois ambientes distintos. As propriedades acústicas de um espaço variam e podem ser controladas

em função das dimensões espaciais, da escolha dos revestimentos, do tipo de sistema construtivo, da quantidade de pessoas e dos mobiliários (KLAVDIANOS, 2019).

Para avaliar a acústica e embasar a elaboração de soluções de projeto, a ABNT NBR 10152:2017 apresenta valores de referência de níveis de pressão sonora, considerando a função do ambiente. Um ambiente é considerado adequado acusticamente quando seus níveis de pressão sonora são iguais ou menores aos valores de referência apresentados na norma. Para este trabalho, serão adotados os intervalos da Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de referência de níveis de pressão sonora para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso.

Finalidade de uso	Valores de referência		
	RL_{Aeq}	RL_{ASmax}	RL_{NC}
Culturais e lazer: bibliotecas	40	45	35
Educacionais: Salas de aula	35	40	30
Outros: auditórios pequenos ($\leq 600m^3$)	35	40	30

Fonte: ABNT NBR 10152:2017, adaptado pelo autor.

Com base no exposto, o trabalho propõe avaliar e solucionar inadequações visando a melhoria do condicionamento e do isolamento dos ambientes especificados no prédio objeto de estudo. As propostas são pensadas com base no controle da reverberação a partir da aplicação de revestimentos fonoabsorventes e na redução de ruídos internos. Dessa maneira, faz-se necessário o desenvolvimento dos cálculos de tempo de reverberação e do índice global de isolamento.

2.4 Programas de simulação termoenergética

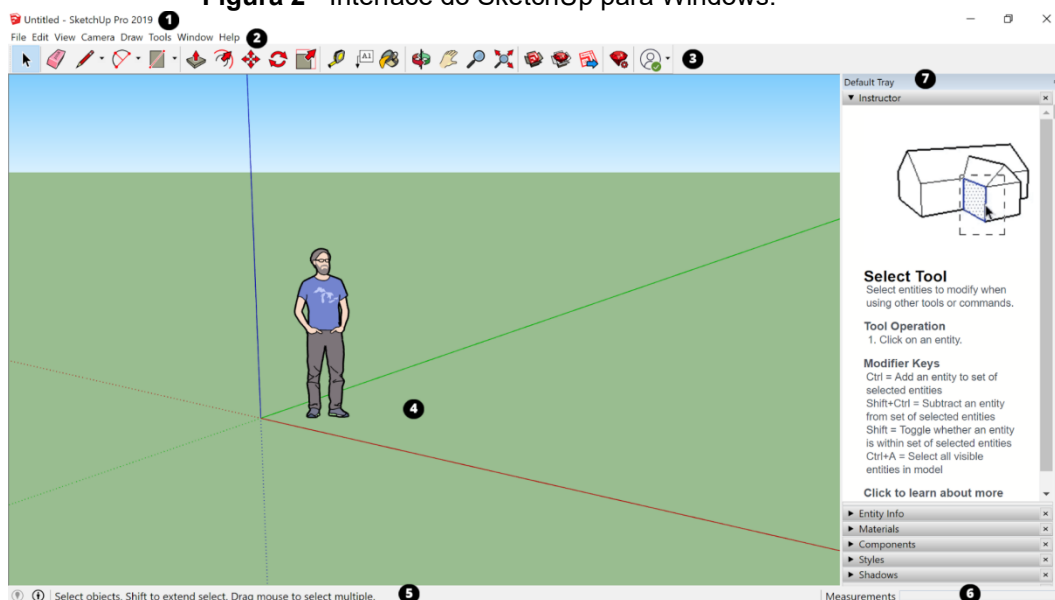
2.4.1 SketchUp

O *software SketchUp* é um programa de desenho assistido por computador (CAD) que permite a modelagem tridimensional para diversas aplicações. Oficialmente, foi lançado no ano 2000 pela Last Software, empresa norte-americana co-fundada por Brad Schell e Joe Esch. Em 2012, o programa foi adquirido pela corporação Trimble Navigation Limited (VDCI, [s.d.]).

O programa ganhou popularidade pela sua área de interação intuitiva e versatilidade, o que permite a aplicação em diversas áreas, como a arquitetura, engenharia, e o design de jogos. A interface do *SketchUp* é apresentada na Figura 2.

Além das ferramentas básicas de criação e manipulação de formas, sejam elas 2D ou 3D, o *SketchUp* conta com componentes adicionais chamados de extensões ou *plug-ins*, criados por desenvolvedores terceirizados para estender as funcionalidades básicas do programa com novos instrumentos não incluídos na versão padrão.

Figura 2 - Interface do SketchUp para Windows.



Fonte: SketchUp.

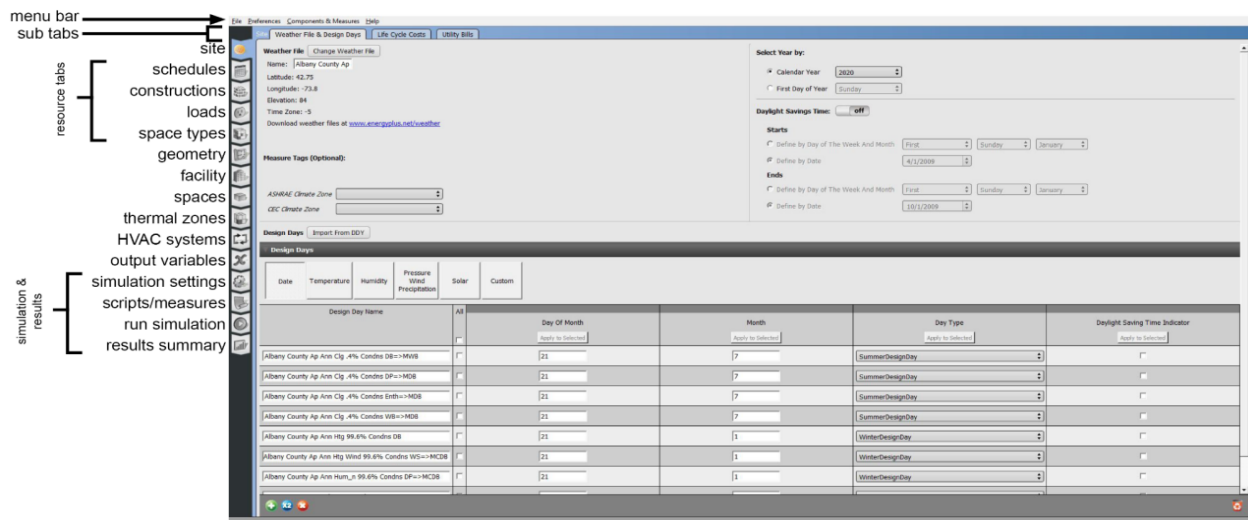
Neste trabalho, o *SketchUp* é fundamental por auxiliar na elaboração dos modelos geométricos da edificação, nos cenários atual e de referência, que serão usados nas simulações. A versão *SketchUp Pro 2020* foi utilizada, com o uso do *plug-in* do *OpenStudio* para a interoperabilidade dos softwares.

2.4.2 OpenStudio

O *OpenStudio*, lançado inicialmente pelo Laboratório Nacional de Energia Renovável do Departamento de Energia dos Estados Unidos, é tanto um kit de desenvolvimento de software (SDK) quanto uma interface de linha de comandos (CLI). Planejado para funcionar em conjunto com *SketchUp*, a principal aplicação deste *plug-in* é permitir que o usuário possa visualizar e editar as geometrias necessárias para o software de simulação *EnergyPlus*. (DOE, [20--a]).

A Figura 3 exibe a visão geral da interface do programa. Neste trabalho, foi utilizada a versão 1.1.0.

Figura 3 - Visão geral da interface do aplicativo OpenStudio.



Fonte: OpenStudio Coalition User Docs.

2.4.3 EnergyPlus

Também distribuído pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, o *EnergyPlus* é um programa computacional de código aberto usado por engenheiros, arquitetos e pesquisadores para simulação energética e de carga térmica de edifícios.

O *EnergyPlus* é uma ferramenta de linha de comando que alimenta arquivos de entrada e produz arquivos de saída. Com base na descrição do usuário quanto à geometria, os materiais, a utilização e os sistemas de uma edificação, o programa calcula as cargas de aquecimento e resfriamento necessárias para manter os pontos de ajuste de controle térmico, as condições em todo o sistema AVAC secundário e as cargas da bobina e o consumo de energia do equipamento primário da planta, bem como muitos outros detalhes de simulação necessários para verificar se a simulação está funcionando como o edifício real se comportaria. (DOE, [20--b]).

De acordo com o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), algumas características do programa o colocam à frente de outros programas de simulações termo energéticas: solução simultânea e integrada; intervalo de tempos definidos pelo usuário; arquivos de entrada, saída e climática e relatórios padrões reajustáveis pelo usuário; técnica de solução baseada no balanço de energia para as cargas térmicas prediais, condução de calor transiente através dos

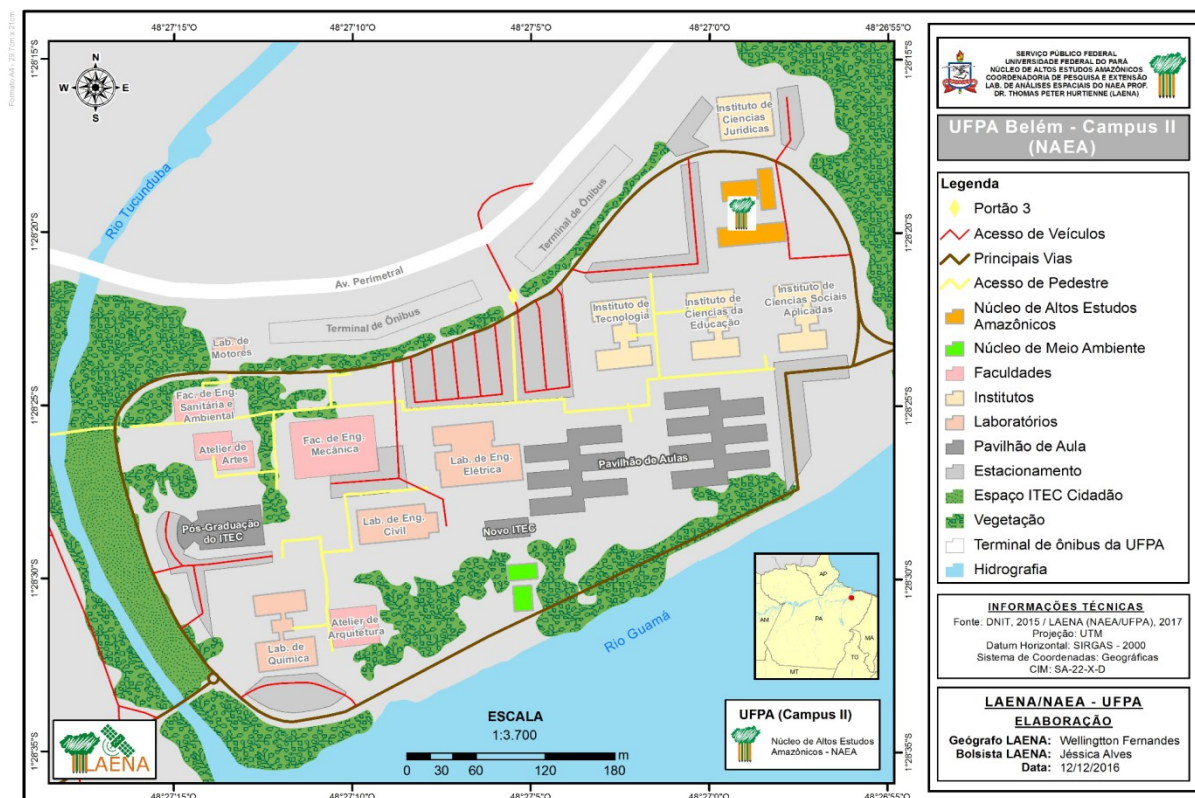
elementos do prédio; modelo de céu anisotrópico para cálculos mais complexos da radiação difusa sobre superfícies inclinadas; cálculo de balanço de calor de janelas; biblioteca versátil; e sistema de condicionamento de ar configuráveis. (MELO; WESTPHAL; MATOS, 2009)

As simulações podem ser aplicadas em construções modeladas no próprio programa ou em programas de modelagem que permitam a integração com o software. Contudo, uma grande desvantagem encontrada é o fato de o software não possuir uma interface gráfica acessível, o que pode gerar frustração nos usuários. Portanto, faz-se necessária a integração com outros programas (SOUSA; SILVA, 2021).

3 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A sede do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) está situada na Rua do NAEA, na Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto, Campus Profissional (UFPA), Av. Perimetral, nº 01, no bairro do Guamá em Belém – PA. A Figura 4 localiza a edificação dentro do campus da universidade.

Figura 4 - Mapa de localização do NAEA.

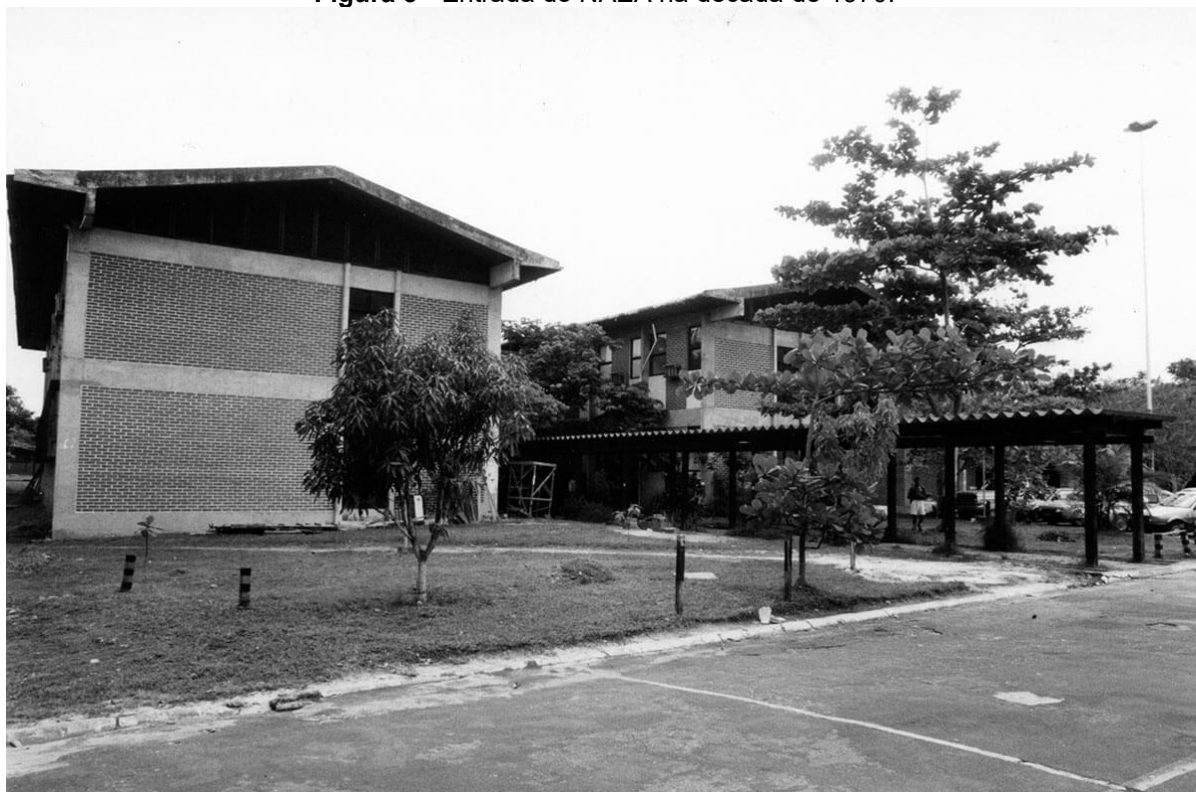


Fonte: LAENA/NAEA - UFPA, 2023.

Fundado em 1973, o NAEA é uma escola de pós-graduação, cujos objetivos visam a pesquisa, a difusão de informação, a análise, a interpretação e o auxílio na solução dos problemas regionais identificados na realidade amazônica, por meio de programas e projetos de extensão universitária. Com uma abordagem interdisciplinar em seus cursos, o NAEA adota uma metodologia que inclui a análise dos processos sociais, com foco na sustentabilidade e no desenvolvimento regional na Amazônia (NAEA, 2019).

A Figura 5 traz uma fotografia do prédio na década de 1970, antes da inauguração, e a Figura 6 mostra o acesso principal do prédio atualmente.

Figura 5 - Entrada do NAEA na década de 1970.



Fonte: Acervo Museu da UFPA, [s.d].

Inicialmente, as atividades da instituição eram realizadas fora do campus principal da universidade e, posteriormente, foram transferidas para o Centro de Filosofia e Ciências Humanas, no campus do Guamá. Contudo, o prédio sede do NAEA só foi inaugurado em 1980, com uma área total de 2.148 m² para o desenvolvimento de todas as atividades básicas do programa e o espaço próprio para a sua biblioteca. (MOREIRA, 2018)

Desde sua instauração, o edifício núcleo passou por manutenções, transformações e ampliações, como a reforma do espaço de convivência, assim como alteração de elementos das fachadas e modernização de equipamentos e instalações.

3.1 Lista de ambientes

A edificação apresenta uma área total construída de 2.323,14m², distribuída em três blocos, dois pavimentos e em 90 ambientes ao todo, incluindo as circulações internas. O Quadro 1 reúne todos os espaços identificados durante as visitas técnicas, suas respectivas áreas em m², e o pavimento no qual se encontra.

Quadro 1 - Lista de ambientes do NAEA.

Ambiente	Área (m²)	Pavimento
Hall de entrada	75,11	Térreo
Depósito geral	6,94	Térreo
Hall do banheiro feminino	1,72	Térreo
Banheiro feminino	11,89	Térreo
Hall do banheiro masculino	1,72	Térreo
Banheiro masculino	11,89	Térreo
Depósito de livros	13,8	Térreo
Livraria	17,64	Térreo
Circulação 01	29,52	Térreo
Sala de aula 12	36,13	Térreo
Sala de aula 13	36,13	Térreo
Sala de aula 14	17,68	Térreo
Sala de aula 15	36,13	Térreo
Sala de aula 17	36,13	Térreo
Circulação 02	53,64	Térreo
Copa geral	13,8	Térreo
Espaço de convivência	36,44	Térreo
Copa do espaço de convivência	6,66	Térreo
Auditório	88,83	Térreo
Circulação 03	54,13	Térreo
Dispensa/DML	8,52	Térreo
Hall da Biblioteca	20,56	Térreo
Circulação e referência	14,03	Térreo
Processamento técnico	19,45	Térreo
Biblioteca	365,27	Térreo
Circulação 04	11,13	Térreo
Arquivos da Administração (Sala 109)	17,61	Térreo
Xerox (Sala 110)	17,82	Térreo
Circulação 05	22,01	Térreo
Copa	5,01	Térreo
Coordenação do PPGGP (Sala 101)	17,61	Térreo
Coordenação do PPGDSTU (Sala 102)	17,57	Térreo
Secretaria do PPGGP (Sala 103)	17,61	Térreo
Vice coordenação do PPGDSTU (Sala 104)	17,57	Térreo
Sala de reunião (Sala 105)	17,61	Térreo
Secretaria do PPGDSTU (Sala 106)	17,57	Térreo
Secretaria do PPLS FIPAM (Sala 107)	17,61	Térreo
Recepção (Sala 108)	17,82	Térreo
Circulação 06	32,24	Superior
Sala 201	17,68	Superior
Sala 202	17,68	Superior
Depósito 02	4,96	Superior
Sala 203	17,68	Superior
Sala 204	17,68	Superior
Sala 205	17,68	Superior
Sala 206	17,68	Superior

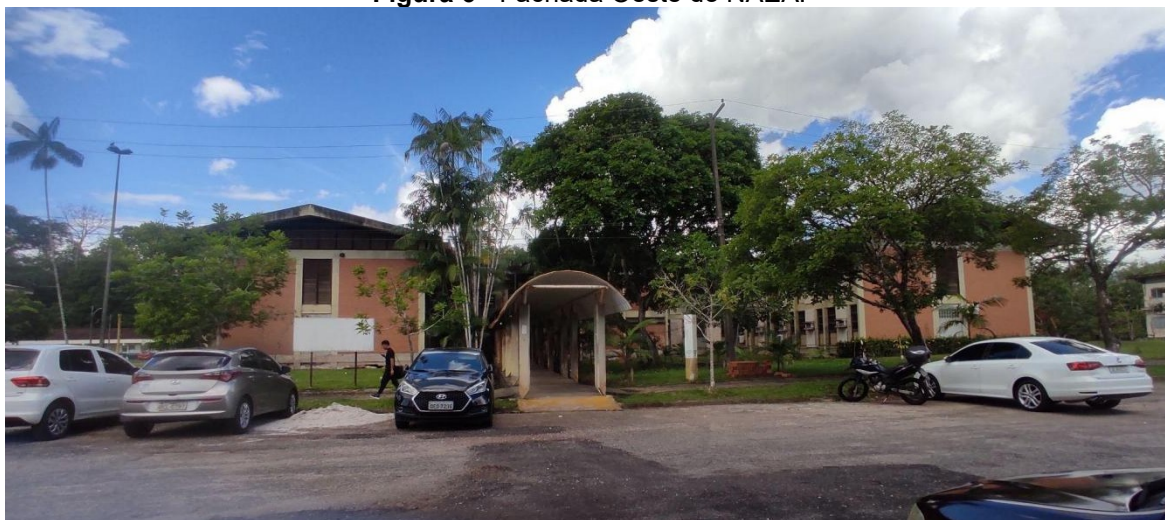
Ambiente	Área (m²)	Pavimento
Sala 207	17,68	Superior
Sala 208	17,68	Superior
Sala 209	17,68	Superior
Sala 210	17,68	Superior
Sala 211	17,76	Superior
Sala 212	17,64	Superior
Sala 213	18,15	Superior
Sala 214	17,64	Superior
Sala 215	18,15	Superior
Sala 216	17,64	Superior
Sala 217	18,15	Superior
Sala 218	17,64	Superior
Sala 219	18,15	Superior
Sala 220	17,64	Superior
Sala 221	18,15	Superior
Sala 222	18,03	Superior
Sala 223	18,19	Superior
Sala 224	18,19	Superior
Sala 225	18,19	Superior
Sala 226	18,19	Superior
Almoxarifado	21,47	Superior
Sala 228	21,47	Superior
Circulação 09	28,47	Superior
Hall do 2º andar	75,11	Superior
Hall do banheiro feminino	1,72	Superior
Banheiro feminino	11,89	Superior
Hall do banheiro masculino	1,72	Superior
Banheiro masculino	11,89	Superior
Miniauditório Mário Miguel	42,58	Superior
Circulação 10	47,02	Superior
Circulação 11	51,54	Superior
AMPUR	17,68	Superior
LABDIS	17,68	Superior
Laboratório de informática	17,68	Superior
SETIN	17,68	Superior
Revista Paper NAEA	17,68	Superior
LAENA	17,68	Superior
CODC	17,68	Superior
Direção adjunta do CPE	17,68	Superior
Secretaria executiva do CPE	36,13	Superior
Direção Geral do CPE	17,6	Superior
Divisão Administrativa	17,68	Superior
Coordenadoria de planejamento	17,68	Superior

Fonte: O autor, 2023.

3.2 Envoltória

O acesso principal do prédio é pela passarela localizada na porção Oeste da edificação (Figura 6), que dá acesso ao hall de circulação do andar térreo. O acesso a partir da fachada Leste é possível, porém usado em menor frequência.

Figura 6 - Fachada Oeste do NAEA.



Fonte: O autor, 2023.

O sistema estrutural do NAEA é de concreto armado composto por laje, pilares e vigas. As paredes da edificação são compostas por camadas de bloco cerâmico de 6 furos revestidos de argamassa nos dois lados. Parte das fachadas voltadas para o oeste e o leste possuem uma camada de revestimento de tijolinho aparente, enquanto as demais são finalizadas com acabamento de pintura em um tom amarelo-claro. As vigas e os pilares de concreto em contato com o meio externo não são pintados, sendo deixados sem revestimento, na tonalidade cinza natural do concreto.

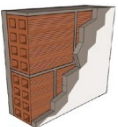
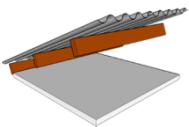
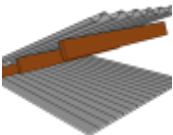
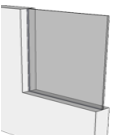
O piso da edificação é composto por camadas de concreto, contrapiso e acabamento do tipo porcelanato, exceto no auditório maior que possui acabamento em madeira. A cobertura é de telhas de fibrocimento sobre estrutura de madeira.

Nos ambientes do primeiro andar, o forro é composto por uma camada de reboco em gesso em todas as salas, com exceção do hall de entrada, a copa, o espaço de convivência e os banheiros. No primeiro ambiente listado, o forro é composto por placas de forro isopor modular, enquanto que nos demais o forro é de PVC. No segundo andar, o forro é de gesso acartonado em todos os espaços.

O prédio apresenta uma grande variedade de modelos de janelas e portas, que variam tanto em material como em dimensões. De uma forma geral, as esquadrias das salas mais antigas apresentam estrutura de madeira e vidro. Em ambientes recém-construídos ou reformados, as janelas costumam ser de vidro com perfis metálicos, enquanto as portas são de MDF ou vidro.

O Quadro 2 apresenta algumas dessas condições encontradas tanto no NAEA quanto nas tabelas de materiais construtivos do ProjetEEE.

Quadro 2 - Materiais construtivos do NAEA.

Elemento construtivo	Figura Esquemática da Tipologia Construtiva	Descrição da Tipologia	Propriedades	Condição de Referência do INI-C	Condição Real pelo ProjeteEE
Parede Externa e Interna		Alvenaria em tijolo cerâmico	Transmitância da parede externa (W/(m ² .K))	2,39 W/m ² K	2,37 W/m ² .K
			Capacidade Térmica	151 kJ/m ² K	151 kJ/m ² K
Cobertura tipo 1		Telha de fibrocimento e forro de gesso acartonado	Transmitância da cobertura (W/(m ² .K))	2,06 W/m ² K	2,05 W/m ² K
			Capacidade térmica da cobertura (kJ/(m ² .K))	233 kJ/m ² K	238 kJ/m ² K
Cobertura tipo 2		Telha de fibrocimento e forro PVC	Transmitância da cobertura (W/(m ² .K))	2,06 W/m ² K	1,76 W/m ² K
			Capacidade térmica da cobertura (kJ/(m ² .K))	233 kJ/m ² K	16 kJ/m ² K
Vidro		Vidro simples incolor de 3mm (janelas) e 10mm (portas)	Tipo de vidro	Vidro simples incolor 6mm	Vidro simples incolor 3mm
			Fator solar do vidro (adimensional)	0,82	0,87
			Transmitância do vidro (W/(m ² .K))	5,70 W/m ² K	5,70 W/m ² K

Fonte: LABSIM-CEAMAZON, adaptado do Projeteee, 2023.

3.3 Sistema de refrigeração

Durante as visitas foram identificados 83 condicionadores de ar, sendo 34 do tipo “split” e 49 do tipo “janela”, de diferentes marcas. Em algumas salas, foi notada a presença dos dois tipos de aparelho de refrigeração, entretanto as máquinas do tipo “janela” não eram mais utilizadas. De forma geral, os aparelhos do tipo janela apresentavam mal funcionamento devido ao tempo de uso e a qualidade da máquina.

Outro ponto a ser destacado é referente ao Selo Procel indicado na máquina, pois a classificação mostrada no aparelho é antiga e já não condiz com os novos níveis mínimos de eficiência energética aceitáveis para cada classe da avaliação. Além disso, devido ao tempo desde a aquisição do produto, muitas das máquinas já não operam de maneira adequada.

A Figura 7 mostra alguns dos registros fotográficos realizados durante o levantamento arquitetônico. Nas fotos, percebe-se diferentes variações de combinações de ar-condicionado. As salas podem possuir apenas ar-condicionado do tipo split ou apenas do tipo janela, ou os dois aparelhos.

Figura 7 - Diferentes combinações de ar-condicionado.



Fonte: O autor, 2023.

O Quadro 3 lista todas as máquinas encontradas no prédio, com informações da classificação especificada no selo Procel, o BTU/h e o COP das máquinas. Uma *tag* exclusiva foi atribuída a cada máquina.

Quadro 3 - Lista de condicionadores de ar.







Marca	Tipo	Etiqueta	BTU/h	COP	Tag dos ar condicionados
AGRATTO	Split	A	9.000	3,2	A02
AGRATTO	Split	A	12.000	3,37	B09
AGRATTO	Split	A	12.000	3,25	B15
AGRATTO	Split	A	18.000	3,46	B02, B12
AGRATTO	Split	A	18.000	3,43	B35
CARRIER	Janela	A	12.000	3,02	B30
CARRIER	Janela	A	12.000	2,8	A18
CARRIER	Piso/teto	B	36.000	2,9	A20
COMFEE	Split	A	18.000	3,1	A16
COMFEE	Split	A	18.000	3,24	B08, B11
CONSUL	Split	A	18.000	3,24	B06
CONSUL	Janela	A	7.500	2,94	B10
CONSUL	Janela	A	10.000	3,02	B31, B41
CONSUL	Janela	A	18.000	2,94	B44
ELGIN	Split	B	24.000	2,8	A07
ELGIN	Janela	A	18.000	2,8	A25, A27, A30, A31, A35
ELGIN	Janela	A	18.000	3,02	B3, B13, B17, B25, B34, B38
ELGIN	Split	A	24.000	3,02	B05
ELGIN	Split	A	30.000	3,02	B18, B19
ELGIN	Split	A	9.000	3,39	B16
FONTAINE	Piso/teto	B	58.000	2,9	A09
FUJITSU	Split	A	24.000	3,1	A24
GREE	Janela	A	12.000	2,8	A03, A06, A21, A29, A33
GREE	Janela	A	12.000	3,02	B01, B40, B43, B45
GREE	Janela	A	18.000	2,8	A14, A23
GREE	Janela	A	18.000	3,02	B04, B21, B23, B24, B26, B27, B28, B29, B32, B37
GREE	Piso/teto	A	36.000	3,1	A15, A19, A22
GREE	Split	A	12.000	3,1	A13
GREE	Split	A	12.795	3,24	B39
GREE	Split	A	18.000	3,1	A04
GREE	Split	C	18.000	2,91	B14
GREE	Split	A	24.000	3,1	A32, A38
LG	Janela	A	12.000	2,8	A12
LG	Janela	A	12.000	3,02	B33, B36
LG	Split	B	12.000	3,02	B42
LG	Split	A	24.000	3,1	A26
PHILCO	Split	A	24.000	3,1	A01
PHILCO	Split	A	30.000	3,1	A08
SPRINGER	Janela	A	10.000	3,02	B22
SPRINGER	Janela	A	12.000	2,8	A05, A11, A17, A37
SPRINGER	Janela	A	18.000	3,02	B07, B20
SAMSUNG	Split	B	18.000	2,9	A28
SPRINGER	Split	A	22.000	3,0	A34
SPRINGER MIDEA	Split	B	18.000	2,8	A10
TOTALINE	Janela	A	12.000	2,8	A36

Fonte: O autor, 2023.

3.4 Sistema de iluminação

O NAEA possui 6 modelos de luminárias e 33 modelos de lâmpadas, totalizando 603 lâmpadas em toda edificação, das quais 134 apresentaram mal funcionamento durante o levantamento. O Quadro 4 apresenta a descrição dos tipos de luminária e o Quadro 5 lista todos os modelos de lâmpadas encontrados na edificação, trazendo informações sobre a temperatura de cor, tipo de luminária associada, potência e quantidade. Para o “tipo de lâmpada” foram adotadas as siglas “F” e “L” para lâmpadas do tipo Fluorescente e LED, respectivamente.

Quadro 4 - Tipos de luminárias do NAEA.

Tipo de luminária	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6
Descrição	Luminária do tipo calha sem aletas, 120cm	Luminária do tipo calha com aletas, 120cm	Luminária do tipo calha sem aletas, 60cm	Luminária do tipo soquete simples	Luminária do tipo soquete duplo	Luminária do tipo spot de embutir
Figura esquemática						

Fonte: O autor, 2023.

Quadro 5 - Modelos de lâmpadas do NAEA.

Tipo	Descrição da lâmpada	Temperatura de cor	Luminária	Fluxo luminoso por lâmpada (lm)	Potência (W)	Quantidade	Potência total (W)
L	ALUMBRA 120 cm	6000k	Tipo 1	1850	20	2	40
L	AVANT T8 120 cm	6500k	Tipo 1	1850	18	36	648
L	BLUMENAU 120 cm	6500k	Tipo 1	1850	18	4	72
L	BLUMENAU 60 cm	6500k	Tipo 3	900	9	20	180
L	BULBO LED	6500k	Tipo 4	810	10	5	50
L	DEMAPE 60 cm	6500k	Tipo 1	900	10	24	240
L	DEMAPE T8 120 cm	6500k	Tipo 1	1850	18	42	756
L	ELGIN 120 cm	6500k	Tipo 1	1850	20	1	20
L	ELGIN 60 cm	6500k	Tipo 3	900	10	4	40
L	ELGIN ESPIRAL	6500k	Tipo 4	870	15	4	60
L	EMPALUX 120 cm	6400k	Tipo 1	900	10	18	180
L	EMPALUX T8 120 cm	6400k	Tipo 1	1850	20	52	1040
L	INTRAL T8 120 cm	6500k	Tipo 1	1850	18	62	1116
L	KIAN T8 120 cm	6500k	Tipo 1	1850	18	8	144
L	OUROLUX BULBO LED	6500k	Tipo 1	860	9	2	18
L	OUROLUX T8 120 cm	6500k	Tipo 1	1850	18	4	72

Tipo	Descrição da lâmpada	Temperatura de cor	Luminária	Fluxo luminoso por lâmpada (lm)	Potência (W)	Quantidade	Potência total (W)
L	XELUX	6500k	Tipo 6	870	32	1	32
F	ECOLUME 120 cm	6400k	Tipo 1	2500	32	84	2688
F	ELGIN COMPACTA TIPO U	6500k	Tipo 5	1525	25	2	50
F	EMPALUX T6/T10 120 cm	6400k	Tipo 1	4000	40	14	560
F	EMPALUX T8 120 cm	6400k	Tipo 2	2300	32	54	1728
F	G-LIGHT T8 120 cm	6400k	Tipo 1	2400	30	8	240
F	GE T8 120 cm	5000k	Tipo 1	2600	40	6	240
F	OSRAM -120 cm	4000k	Tipo 1	2700	32	6	192
F	OUROLUX T10 120 cm	6400k	Tipo 1	2600	40	10	400
F	PHILIPS 120 cm	6200k	Tipo 1	4100	65	2	130
F	PHILIPS T8 120 cm	5000k	Tipo 2	2600	32	42	1344
F	SYLVANIA T12 120 cm	6500k	Tipo 1	3050	55	4	220
F	SYLVANIA T6 120 cm	4000k	Tipo 1	1000	32	12	384
F	SYLVANIA T8 120 cm	4000k	Tipo 1	1000	32	52	1664
F	SYLVANIA T8 120 cm	4000k	Tipo 1	3350	36	16	576
F	TASCHIBRA 120 cm	6400k	Tipo 1	2000	36	4	144

Fonte: O autor, 2023.

3.5 Características físicas dos ambientes do tratamento acústico

Neste trabalho, os ambientes escolhidos para a simulação e análise da acústica foram os dois auditórios, a biblioteca e as salas de aula. A escolha destes espaços se deu pela exigência de um maior rigor acústico e por serem ambientes educacionais de uso comum.

O Auditório, apresentado na Figura 8, está localizado na porção nordeste do andar térreo do NAEA. Nomeado em homenagem ao professor Armando Dias Mendes, possui uma área total de 88,83m² e capacidade de até 80 pessoas. É um espaço bastante utilizado para eventos de grande porte, como cerimônias formais, seminários e debates.

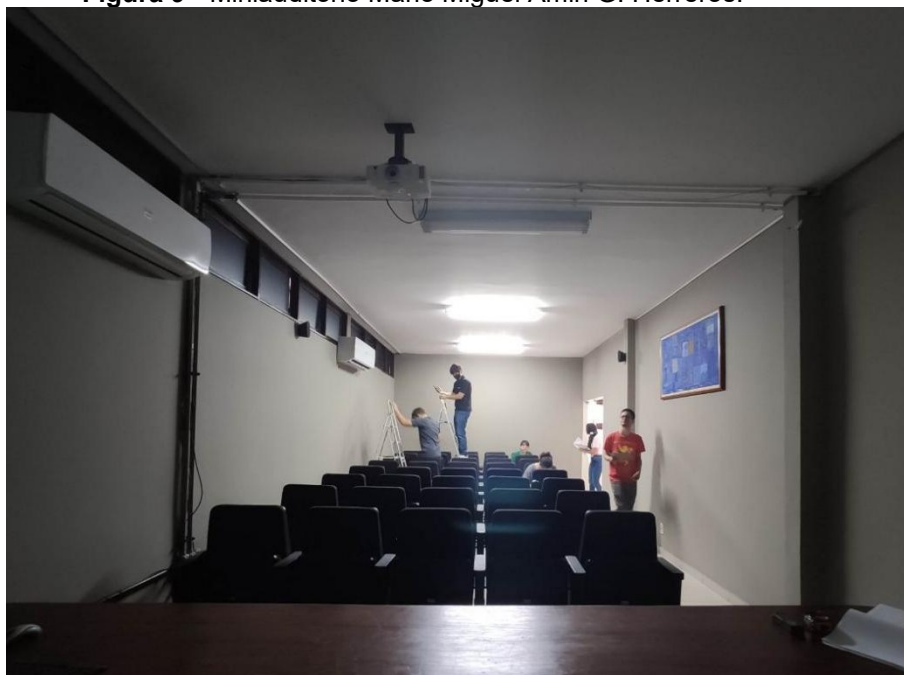
Figura 8 - Auditório Armando Dias Mendes.



Fonte: O autor, 2023.

O Miniauditório, nomeado em homenagem ao professor Mário Miguel Amin G. Herreros, pode ser acessado pelo hall do segundo andar do bloco central, voltado para a fachada leste do prédio. Possui uma área total de 42,58m² e capacidade de até 40 pessoas. Devido a suas dimensões menores em comparação ao outro auditório, recebe atividades que não envolvem muitas pessoas, como defesas de dissertação e reuniões com pesquisadores. A Figura 9 apresenta o estado atual do espaço.

Figura 9 - Miniauditório Mário Miguel Amin G. Herreros.



Fonte: O autor, 2023.

Na Figura 10 é apresentada a Biblioteca denominada “José Marcelino Monteiro da Costa”. Localizada na porção sudeste do andar térreo, é o maior ambiente entre os escolhidos, com uma área total de 419,31m², incluindo o hall de entrada, o espaço de circulação e referência e a sala de processamento técnico. O acervo da biblioteca tem foco em assuntos socioeconômicos e amazônicos, reunindo livros, teses, dissertações, periódicos nacionais e estrangeiros, CD-ROM e DVD. O funcionamento é das 8:00 às 18 horas, aberto de segunda a sexta.

Figura 10 - Biblioteca José Marcelino Monteiro da Costa.



Fonte: O autor, 2023.

As cinco salas de aulas se encontram no bloco voltado para o Norte. Quatro destas possuem área total de 36,13m², comportando até 20 alunos, e a última possui uma área de 17,68m², suportando até 14 alunos. O pé direito destes ambientes é igual a 2,92m². A Figura 11 agrupa todas as salas.

Figura 11 - Salas de aulas.



Fonte: O autor, 2023.

Um ponto positivo para os recintos é a distância em relação a fontes emissoras como o tráfego de veículos. Assim, a principal preocupação é referente aos ruídos internos gerados pelo próprio ambiente e ruídos de conversa de pessoas em salas adjacentes.

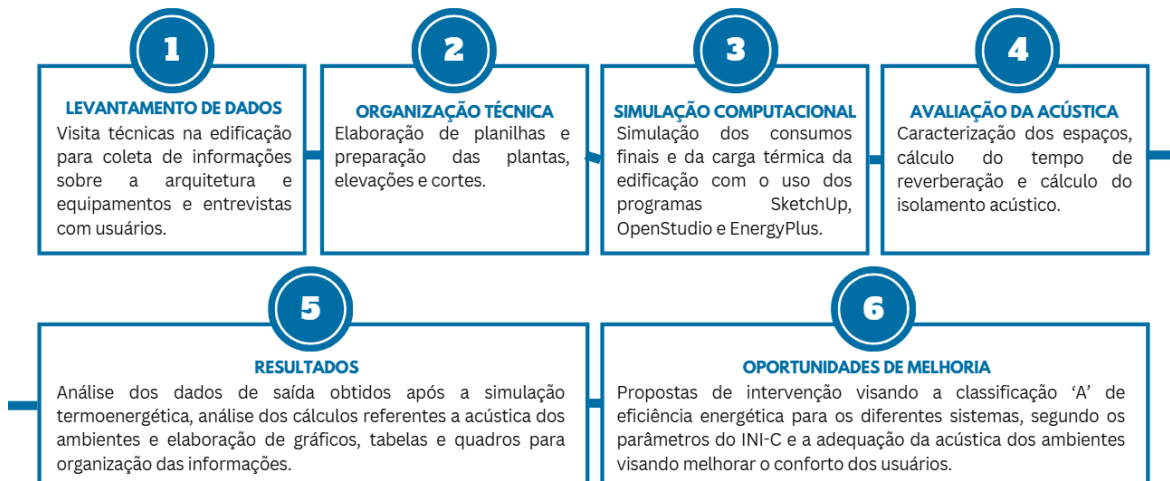
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo descreve as etapas seguidas no desenvolvimento do trabalho para que os objetivos sejam alcançados. Aqui é apresentada a caracterização do estudo, assim como os procedimentos de coleta e análise de dados.

A natureza da pesquisa é descritiva, por fazer análises referentes ao comportamento energético e acústico de um prédio existente, podendo ser classificado como Estudo de Caso. O objeto de estudo em questão é o Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA), uma unidade acadêmica de pós-graduação da Universidade Federal do Pará.

As primeiras etapas foram de levantamento de dados e atualização da documentação do objeto de estudo para, na sequência, criar-se um modelo em ambiente virtual para simulação computacional. Ao fim da análise, destaca-se oportunidade de melhorias e soluções para redução do consumo elétrico e melhoria do conforto acústico. O fluxo de trabalho seguido é representado na Figura 12.

Figura 12 - Fluxo geral de trabalho.



Fonte: O autor, 2023.

4.1 Levantamento de dados

As visitas realizadas no local buscaram reunir informações referentes às disciplinas de arquitetura, engenharia elétrica e engenharia mecânica, de forma a contemplar três dos sistemas avaliados pela instrução normativa INI-C. Dados como a geometria dos ambientes, detalhes das esquadrias, materiais construtivos, tipos de luminárias e lâmpadas, tipos de ar-condicionado e eletrônicos foram coletados.

Os levantamentos foram realizados nos dias 16 e 20 de dezembro de 2022 e 10 de janeiro de 2023 com o apoio da equipe do Laboratório de Modelagem e Simulação de Sistemas Elétricos e Termo Energéticos (LABSIM), do Projeto Gestão Energética da UFPA, do Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia (CEAMAZON).

Os dados referentes aos usos dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas, feitas aos funcionários e aos usuários presentes durante as visitas. As perguntas buscaram registrar:

- a) Quantas pessoas costumam utilizar o ambiente;
- b) Qual o horário de ocupação da sala;
- c) Quando o ar-condicionado é utilizado e quais são utilizadas, no caso de o ambiente possuir mais de uma;
- d) Quando as lâmpadas são utilizadas e se há aproveitamento da iluminação natural;

Informações referentes aos materiais construtivos, os equipamentos eletrônicos e as lâmpadas defeituosas foram reunidas a partir da observação do recinto. As medições referentes a geometria foram tiradas com uso de trenas de bolso e trenas a laser. As etiquetas dos equipamentos de refrigeração foram fotografadas para coleta de dados sobre as máquinas. O registro fotográfico dos ambientes e do sistema de iluminação também foi feito para que todas as informações encontradas durante o levantamento pudessem ser armazenadas para acessos futuros quando houvesse necessidade.

4.2 Organização Técnica

Após as visitas e o levantamento de dados, a planta baixa foi atualizada com as novas medidas tiradas *in loco*. Foi identificada a necessidade de elaborar mais desenhos para incluir as novas informações coletadas. Dessa forma, criou-se o arquivo da planta luminotécnica, da planta de ar-condicionado, dos cortes arquitetônicos, das fachadas e do detalhamento das esquadrias.

Todos os desenhos desenvolvidos estão organizados nos anexos.

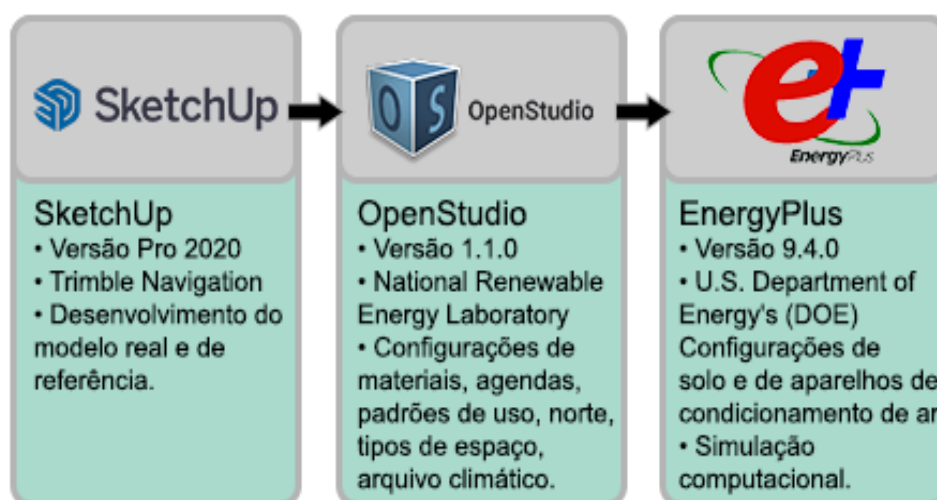
4.3 Procedimentos para a Simulação Computacional

De acordo com a INI-C (2022), a classificação da edificação pode ser feita para a envoltória, o sistema de condicionamento de ar, o sistema de iluminação e o sistema de aquecimento de água. No caso de uma classificação parcial, a avaliação da envoltória é obrigatória, devendo ser combinada com um ou dois outros sistemas. Neste trabalho, optou-se por realizar a classificação dos sistemas de envoltória, de iluminação e de condicionamento de ar. Para o objeto de estudo em questão, o sistema de água quente não é aplicável.

Outra escolha a ser feita é referente ao método aplicado, podendo-se escolher entre o método simplificado ou de simulação. Escolheu-se o método de simulação. De acordo com Pimentel *et al.* (2021), os resultados obtidos por ambas as metodologias são compatíveis, porém com valores de consumo distintos. Essa diferença se faz pelo método simplificado utilizar um metamodelo baseado em redes neurais artificiais (RNA), que requer algumas simplificações do modelo. Assim, fazendo uso do método de simulação, buscou-se construir um modelo que se aproximasse da construção real.

A metodologia utilizada no trabalho faz uso de três diferentes softwares, conforme o diagrama da Figura 13, buscando aproveitar as funcionalidades de cada ferramenta para criar um modelo fiel ao objeto de estudo em análise.

Figura 13 - Programas de simulação termoenergética.



Fonte: O autor, 2023.

As vantagens do processo escolhido estão na interoperabilidade entre os três programas. Com os dois primeiros, constrói-se um arquivo de extensão “IDF” contendo todos os aspectos físicos da edificação em uma interface visual e intuitiva. Após a finalização desta etapa, o arquivo pode ser carregado no *EnergyPlus* para que sejam realizados os cálculos energéticos e gerados os relatórios com os dados de saída necessários para a avaliação de eficiência energética.

As etapas seguidas para a construção dos modelos e a simulação computacional serão descritos na sequência.

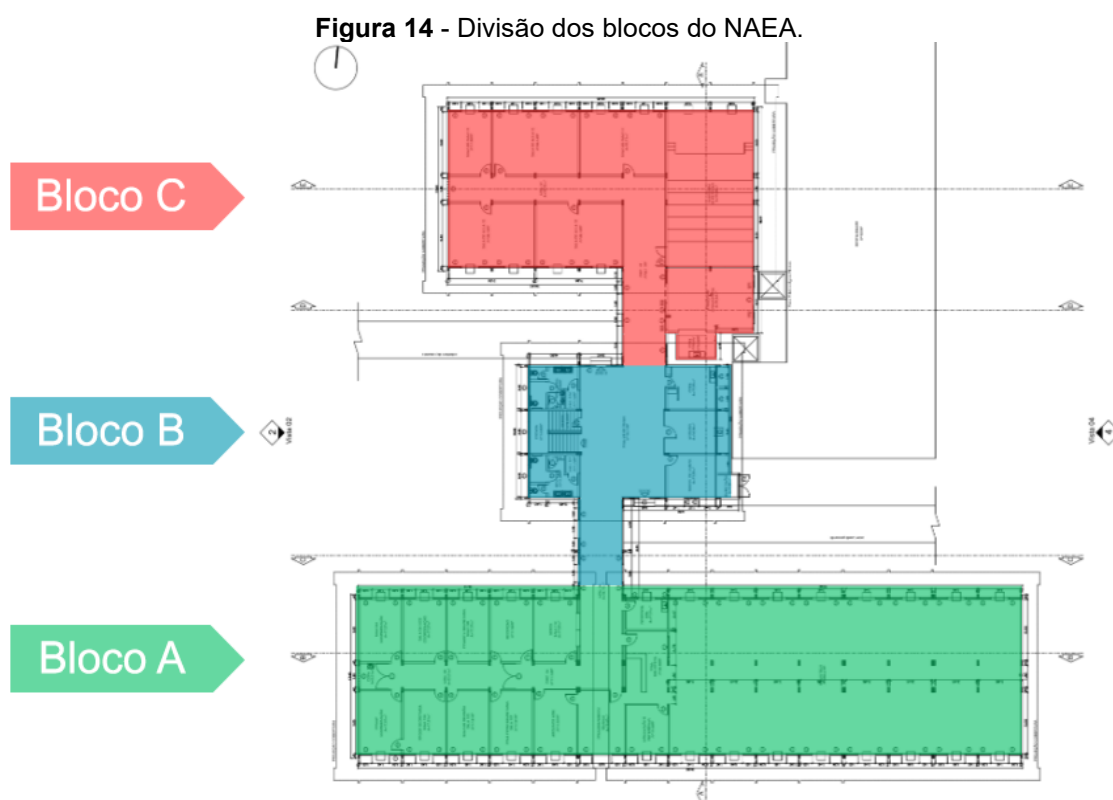
4.3.1 Modelagem da edificação real

A primeira etapa da simulação computacional é a modelagem geométrica do prédio no ambiente virtual, utilizando o software *SketchUp* com uso do *plug-in* do *OpenStudio*. O *SketchUp* é uma ferramenta popular entre os arquitetos pela sua simplicidade para a criação de formas tridimensionais. Na análise energética, as geometrias das edificações são levantadas a partir da associação dos dois programas, permitindo a caracterização das superfícies, das zonas térmicas e de todos os outros elementos construtivos.

Conforme as recomendações descritas na INI-C (2022), este trabalho fez a divisão do prédio em três blocos distintos considerando o uso e a forma do prédio. Cada bloco foi modelado e avaliado separadamente, justificando-se por se tratar de

uma construção de usos diversos, de grandes dimensões, com grandes volumes conectados apenas por circulações.

A Figura 14 representa, de forma bidimensional, como foi feita a divisão do objeto de estudo e as nomenclaturas atribuídas a cada bloco. A biblioteca faz parte do maior bloco da edificação e, juntamente com os ambientes administrativos, está inserida no “Bloco A”. O volume onde se encontram os acessos principais e a circulação central foi denominado “Bloco B”. A região onde se encontram as salas de aulas e o auditório principal foi denominado “Bloco C”.



Fonte: O autor, 2023.

Na sequência, iniciou-se a modelagem de cada bloco em sua condição real. O fluxo de trabalho seguido dentro da interface do *SketchUp* seguiu os processos descritos na Figura 15.

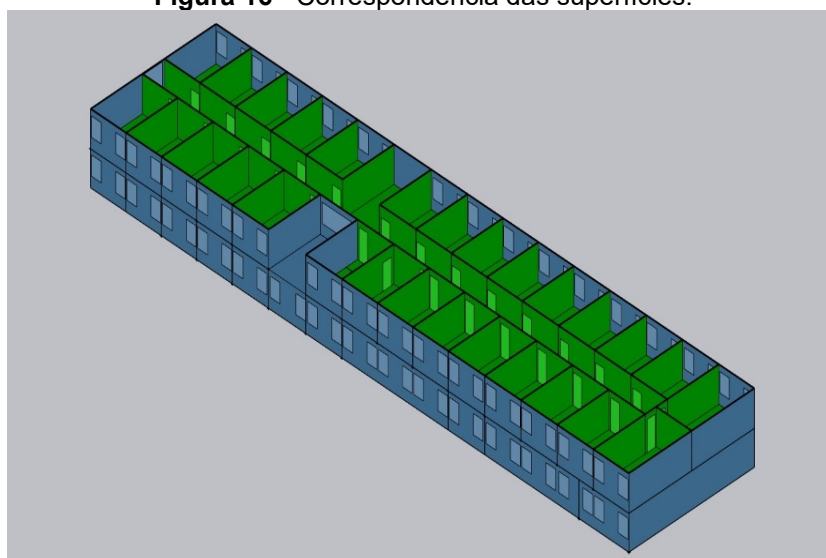
Figura 15 - Fluxo de trabalho *SketchUp OpenStudio*.



Fonte: O autor, 2023.

A primeira etapa para a modelagem do prédio no ambiente virtual, com o uso da ferramenta *SketchUp*, é a importação da planta baixa para a área gráfica. É fundamental verificar a escala do desenho técnico importado, que deve estar em metros.

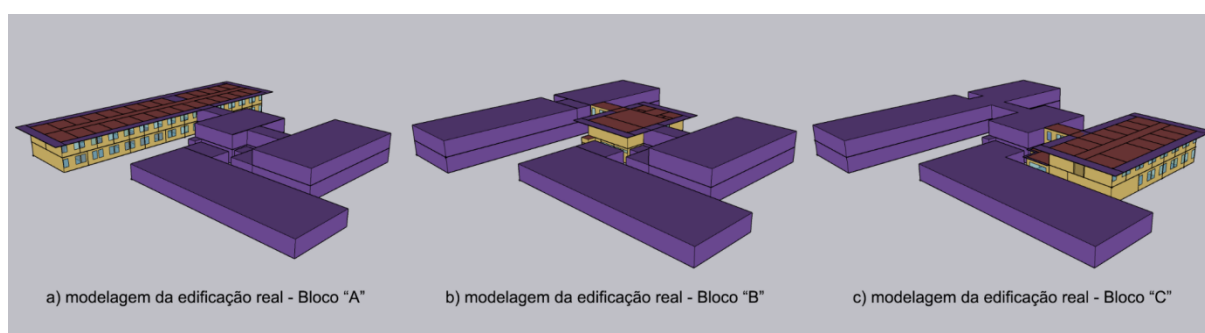
Após traçar todos os ambientes do prédio, cria-se os primeiros espaços, que posteriormente serão transformados em zonas térmicas. Assim que a volumetria do prédio é levantada, desenha-se os vãos onde se encontram as portas e janelas. Paredes, pisos e forros são lidos pelo programa como superfícies, enquanto esquadrias são lidas como subsuperfícies. Ambientes que compartilham uma mesma superfície ou subsuperfície devem passar por um processo de correspondência para que o programa entenda aquela forma como um único elemento. A Figura 16 mostra o modelo do Bloco A renderizado pela condição de contorno. Quando as superfícies são destacadas em verdes, isso significa que o programa realizou o processo de correspondência de forma correta.

Figura 16 - Correspondência das superfícies.

Fonte: O autor, 2023.

Depois de verificar que o modelo foi construído corretamente, adiciona-se os elementos de sombreamento, como beirais do telhado e construções vizinhas. No caso do prédio do NAEA, o sombreamento é feito pelos outros blocos e pelo Restaurante do NAEA, construção vizinha localizada a leste do prédio principal.

Essas etapas foram realizadas três vezes, para cada bloco da construção. A Figura 17 mostra o resultado da modelagem na condição real.

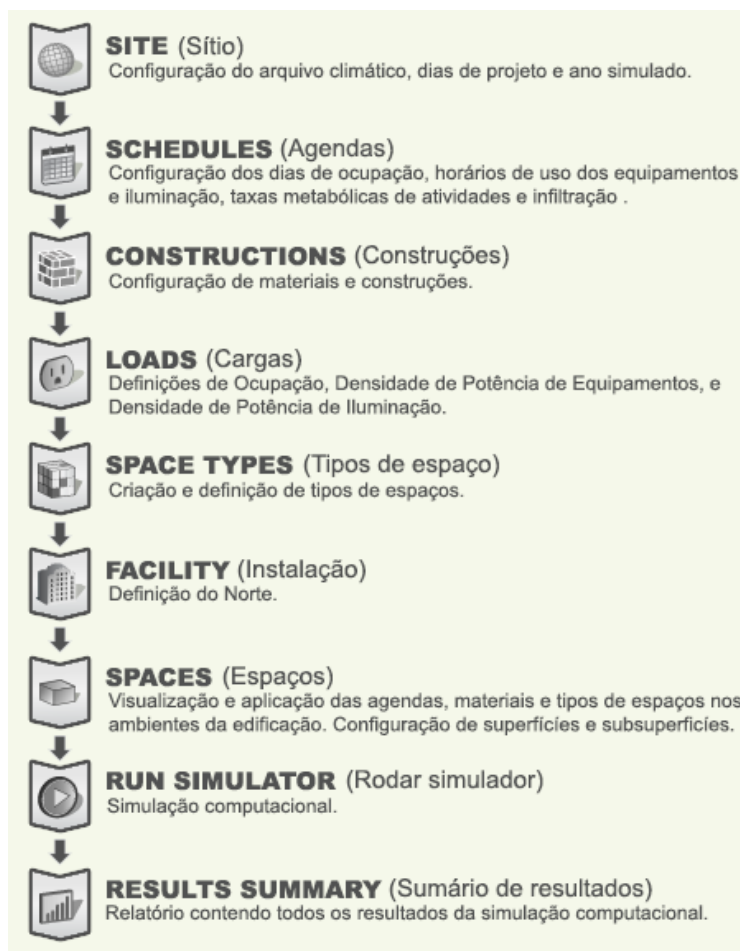
Figura 17 - Modelos da edificação na condição real.

Fonte: O autor, 2023.

4.3.2 Configurações dentro do OpenStudio

Quando a etapa de modelagem é concluída, o modelo pode ser aberto na interface do *OpenStudio* para as demais configurações necessárias. O fluxo de trabalho dentro programa é representado na Figura 18.

Figura 18 - Fluxo de trabalho no OpenStudio.



Fonte: O autor, 2023.

As primeiras configurações a serem feitas são referentes ao local (*Site*). Nesta etapa é inserido o arquivo climático e definido o ano para qual será feita a simulação. A Instrução Normativa Inmetro impõe a utilização do arquivo climático disponibilizado pelo PBE Edifica para a cidade na qual o prédio está localizado. Neste caso, foi utilizado o arquivo climático da cidade de Belém e o ano de 2023.

Em sequência, as agendas (*Schedules*) são ajustadas. As informações obtidas durante as entrevistas aos usuários durante os levantamentos servem de embasamento para a definição dos Tipos de Espaços (*Space Types*) encontrados na edificação. Neste trabalho, foram estabelecidos 10 tipos de espaços com funcionamentos distintos. As 4 principais definições de agenda utilizadas foram:

- a) Ocupação, referente ao horário de funcionamento de cada ambiente;
- b) Iluminação, que informa os horários em que as lâmpadas estão em funcionamento;

- c) Equipamentos elétricos, que informa os horários de funcionamento dos eletrônicos;
- d) Taxa metabólica, que indica o nível de atividade.

A partir dessa lógica, criou-se o Quadro 6 com as agendas utilizadas em função do tipo de espaço.

Quadro 6 - Definições de agendas por tipo de espaço.

TIPO DE ESPAÇO	BLOCOS	OCUPAÇÃO	NÍVEL DE ATIVIDADE (W/Pessoa)	ILUMINAÇÃO	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	INFILTRAÇÃO
AUDITÓRIO	B, C	8-18h, 10% do tempo	99W	8-18h	8-18h	100%
BANHEIRO	B	8-18h, 30% do tempo	108W	14-18h	-	100%
BIBLIOTECA	A	8-18h	117W	8-18h	8-18h	100%
CIRCULAÇÃO	A, B, C	8-18h, 30% do tempo	207W	8-18h	-	100%
COPA	B	12-14h	108W	-	12-14h	100%
CONVIVÊNCIA	C	8-12h, 14-18h, 50% do tempo	108W	-	-	100%
DESPENSA	A, B	8-12h, 5% do tempo	144W	-	-	100%
ESCRITÓRIO	A, B, C	8-12h, 14-18h	117W	14-18h	8-12h, 14-18h	100%
SALA DE AULA	C	8-12h	117W	8-12h	8h-12h	100%
SALA DE PROFESSOR	A	8-12h, 14-18h, 50% do tempo	117W	8-12h, 14-18h	8-12h, 14-18h	100%

Fonte: O autor, 2023.

O próximo passo é denominado de Construções (*Constructions*), onde os materiais construtivos são criados e suas propriedades térmicas são atribuídas. Os dados utilizados como referência são tirados da norma de Desempenho térmico de edificações – ABNT NBR 15220 – e o trabalho desenvolvido por Weber *et al.* (2017). Todas as informações são agrupadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Propriedades térmicas dos materiais construtivos.

Material	Espessura	Densidade ρ (kg/m ³)	Condutividade λ (W/m·K)	Calor específico c (J/kg·K)	Referência
Bloco cerâmico de 6 furos (9x14x24)	0,0134	1600	0,9	920	ABNT NBR 15220
Argamassa de emboço ou assentamento	0,03	2000	1,15	1000	ABNT NBR 15220
Piso cerâmico	0,0075	2000	1,05	920	ABNT NBR 15220
Fibrocimento	0,008	1900	0,95	840	ABNT NBR 15220
Concreto	0,075	2200	1,75	1000	ABNT NBR 15220
Painel de aglomerado de fibras de madeira leve	0,035	250	0,058	2300	ABNT NBR 15220
Madeira	0,03	600	0,15	1340	LabEEE (2017)
Contrapiso	0,02	2000	1,15	1000	LabEEE (2017)
Policloreto de vinila (PVC)	0,01	273	0,071	960	LabEEE (2017)

Fonte: O autor, 2023.

O *OpenStudio* trabalha com três abas de configurações de materiais: conjuntos de construções, construções e material. As construções são compostas por várias camadas de materiais e podem ser agrupadas para atender um determinado tipo de espaço. O trabalho de Weber *et al.* (2017) apresenta diversas tabelas de componentes construtivos brasileiros e as suas configurações necessárias para serem calculados corretamente pelo programa. Dessa forma, optou-se por adotar a mesma organização das camadas e as espessuras dos materiais encontradas no relatório do LabEEE. O Quadro 8, apresentado na sequência, reúne as construções utilizadas na simulação, e as camadas encontradas em cada uma.

Quadro 8 - Lista de construções.

Tipo	Descrição	Camadas
Esquadrias	Porta de madeira	Madeira 3cm
	Porta de vidro	Vidro 6mm
	Janelas de vidro	Vidro 6mm
Paredes	Parede de alvenaria, pintura interna e externa	Argamassa interna e externa Bloco de 6 furos
	Parede de alvenaria, pintura interna e tijolo aparente externo	Argamassa interna Bloco de 6 furos
	Parede de alvenaria, pintura externa e revestimento cerâmico interno	Argamassa interna e externa Bloco de 6 furos Revestimento cerâmico
	Parede dupla de alvenaria, com revestimento externo de madeira	Argamassa interna Bloco duplo de 6 furos Câmara de ar Argamassa externa e madeira 1cm
	Divisória de painel de aglomerado de fibras de madeira leve	Painel de aglomerado de fibras de madeira leve
Forro/Piso	Telhado fibrocimento sem acabamento superior e inferior	Telha de fibrocimento Câmara de ar Laje de concreto
	Telhado fibrocimento e gesso	Telha de fibrocimento Câmara de ar Laje de concreto Câmara de ar Gesso
	Telhado fibrocimento e pvc	Telha de fibrocimento Câmara de ar Laje de concreto Câmara de ar PVC
	Piso cerâmico e pvc	Piso cerâmico Contrapiso Laje de concreto Câmara de ar PVC
	Piso cerâmico e gesso	Piso cerâmico Contrapiso Laje de concreto Câmara de ar Gesso
	Piso cerâmico	Piso cerâmico Contrapiso Laje de concreto

Fonte: O autor, 2023.

As definições de pessoas, luzes e equipamentos elétricos foram feitas com base nas tabelas da INI-C, que atribuem diferentes parâmetros em função da tipologia da edificação. Entendendo que o prédio do NAEA possui funções tanto de escritório quanto educacionais, a atribuição de tipologia feita para cada bloco leva em consideração a função predominante. Dessa forma, os blocos “B” e “C” utilizaram a tabela para edifícios educacionais e o prédio “A” foi definido como prédio de escritório.

A normativa determina uma ocupação de 1,5 m²/pessoa para edificações educacionais e 10 m²/pessoa para edifícios de escritório. A Densidade de Potência de Iluminação (DPI) é calculada pela razão entre a potência das lâmpadas pela área iluminada dos ambientes. Seguindo os parâmetros da INI-C, adotou-se os valores: 10,23 W/m² para a condição real; 14,1 W/m² para a condição de referência de escritório; e 15,5 W/m² para a condição de referência de escola. A Densidade de Potência de Equipamentos (DPE) deve ser igual a 15 W/m² em todas as condições.

Na aba de instalação, deve ser definida a posição da edificação em relação ao Norte. Adotou-se uma inclinação de 4° para o prédio. Na sequência, todas as informações de agendas, materiais e definições configuradas anteriormente são atribuídas aos tipos de espaços, que por sua vez serão atribuídos a cada zona térmica da edificação. Feito isso, deve-se verificar se os materiais das superfícies e subsuperfícies foram atribuídos corretamente.

Por fim, faz-se a tentativa de simulação dentro do *OpenStudio*. Caso exista algum problema com o modelo, o programa irá interromper a simulação e informar o que causou a falha. Os erros devem ser corrigidos para que uma outra tentativa seja feita. Após a finalização, é gerado um extenso relatório com vários dados de saída que trazem informações de consumo elétrico e características térmicas e físicas da construção. Assim que os resultados são analisados, o arquivo pode ser exportado em formato IDF para ser trabalhado dentro da interface do *EnergyPlus*.

4.3.3 Configurações dentro do *EnergyPlus*

A última etapa do trabalho é feita dentro da interface do *EnergyPlus*, programa gratuito e de código aberto. O funcionamento do *software* depende da descrição do usuário dos componentes construtivos e dos sistemas da edificação estudada. A principal função do *EnergyPlus* é de calcular o consumo e as cargas de energia necessárias para controle térmico dos ambientes. (Sousa e Silva, 2021)

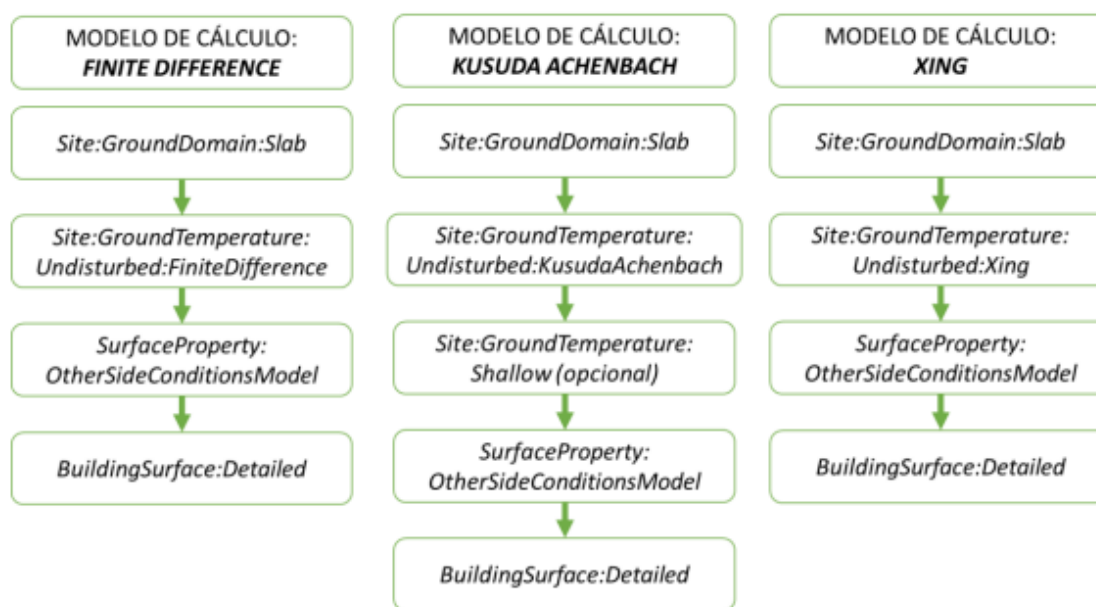
Primeiramente, são feitas as configurações de solo. Em seguida, cria-se os sistemas de condicionamento de ar. Ao fim do processo, é realizada a simulação computacional e são gerados os relatórios com todos os dados de saída.

A modelagem do solo no *EnergyPlus* segue os procedimentos do modelo de cálculo *Finite Difference*, elaborado por Eli *et al.* (2019) no manual disponibilizado pelo LabEEE. O tutorial apresenta os procedimentos e parâmetros que devem ser inseridos

no *software* para que simular o comportamento térmico das superfícies horizontais em contato com o solo.

Na Figura 19 são apresentados os fluxogramas dos diferentes métodos de cálculo para a modelagem do solo pelo objeto *Ground Domain* do *EnergyPlus*.

Figura 19 - Fluxograma da modelagem do solo pelo Ground Domain.



Fonte: O LabEEE, 2019.

O sistema de condicionamento de ar foi construído a partir da inserção dos dados de entrada nos objetos *HVACTemplate:Thermostat*, *HVACTemplate:System:Unitary* e *HVACTemplate:Zone:Unitary*, segundo metodologia apresentada por Melo *et al.* (2009) do LabEEE. No primeiro item, é definido a temperatura *setpoint* em que os ambientes devem operar. Adota-se a temperatura de 24°C, valor determinado pela normativa. No segundo objeto, os diversos aparelhos de refrigeração encontrados no prédio são criados com as informações encontradas na etiqueta das máquinas durante a etapa de levantamento. No último item, as configurações de termostato e sistemas unitários são atribuídos a uma zona térmica. Após a conclusão das etapas mencionadas, é necessário localizar o objeto *SimulationControl* e permitir que o programa faça o dimensionamento do sistema. Por fim, a unidade dos dados de saída deve ser alterada para kWh. Ao fim desse processo, o modelo está pronto para ser simulado.

De forma similar ao *OpenStudio*, o programa não é capaz de finalizar a simulação caso encontre erros de preenchimento de dados. Caso a simulação rode

com sucesso, é gerado um extenso relatório com uma variedade de informações acerca do comportamento energético do prédio. Esses resultados são essenciais para a etapa de avaliação da eficiência da edificação.

4.3.4 Elaboração do modelo de referência

Na INI-C, a classificação deve ser feita tendo como base o consumo de energia primária a partir da comparação da edificação em sua condição real e de referência. O modelo utilizado para a comparação deve ser equivalente à classificação D de eficiência energética, portanto deve apresentar características construtivas pré-estabelecidas pela normativa em função da tipologia arquitetônica adotada.

Os parâmetros a serem utilizados na condição de referência são dispostos no Anexo A da INI-C, distribuídas em 7 tabelas que variam de acordo com os diferentes tipos de edificações. Neste trabalho, utilizou-se apenas as duas primeiras tabelas: para edificações de escritório e edificações educacionais.

O modelo de referência usou como base o mesmo arquivo modelado para a condição real. Alguns parâmetros devem ser mantidos em ambas as condições, como a geometria da edificação (área, orientação solar e pé direito), mesmos ângulos de obstrução vizinha e mesma temperatura *setpoint* (24°C). Alguns ajustes, entretanto, devem ser feitos para atender os demais valores tabelados pela Instrução Normativa.

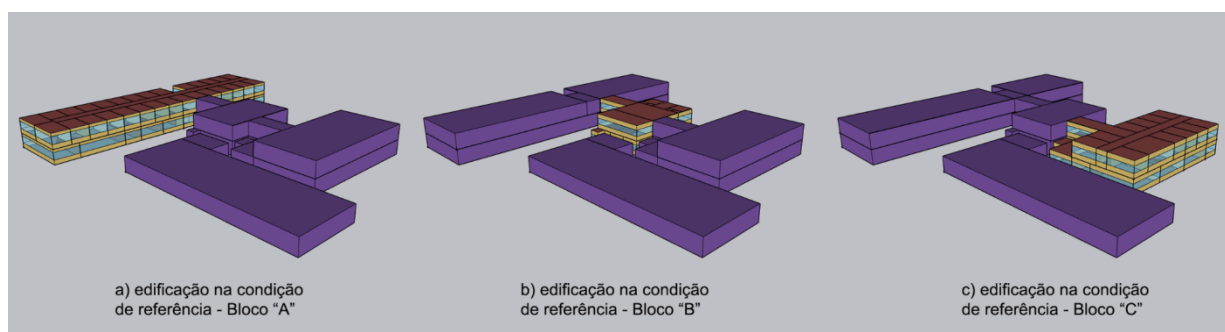
A primeira alteração é em relação ao percentual de área de abertura de fachada que deve ser de 40% para as edificações educacionais e de 50% para as de escritório. As propriedades térmicas dos componentes construtivos devem ser alteradas, assim como os valores de DPI, DPE e ocupação. Ângulos horizontais e verticais de sombreamento devem ser iguais a 0, portanto elementos como brises e beirais de telhado devem ser removidos na condição de referência. Deve-se manter o sombreamento referente aos prédios vizinhos.

O Quadro 9 sintetiza as principais alterações que devem ser feitas no modelo real, conforme a INI-C (2022), para que o modelo na condição de referência possa ser avaliado. Os modelos desenvolvidos para cada bloco do objeto estudo estão reunidos na Figura 20.

Quadro 9 - Parâmetros da condição de referência.

Uso Típico	Condição de referência	
	Edificações de escritório	Edificações Educacionais
Geometria	Condição real	
Percentual de área de abertura de fachada	50 (0,50)	40 (0,40)
Parede	Argamassa interna (2,5 cm), bloco cerâmico furado (9 cm), argamassa externa (2,5 cm)	
Cobertura	Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5 cm) e laje maciça de concreto (10 cm)	
Vidro	Vidro simples incolor 6mm	
DPI – Densidade de potência de iluminação (W/m²)	14,1	15,5
Ocupação (m²/pessoa)	10	1,5
DPE – Densidade de potência de equipamentos	15	15
Horas de ocupação (horas)	10	8
Dias de ocupação	260	200
COP – Coeficiente de performance do condicionamento de ar	2,60	

Fonte: O autor, adaptado do INI-C, 2023.

Figura 20 - Modelagem da edificação de referência.

Fonte: O autor, 2023.

4.4 Análise dos ambientes para o condicionamento e isolamento acústico

Os ambientes escolhidos para análise neste trabalho foram as salas de aula, os auditórios e a biblioteca. Este estudo tem como objetivo a proposta de uma solução de condicionamento acústico para garantir a qualidade interna dos ambientes do objeto de estudo. Essas decisões, aliadas as mudanças de melhoria de eficiência energética, devem criar espaços mais agradáveis para professores, alunos e visitantes.

A metodologia adotada inicia com a caracterização dos espaços na condição atual, onde se registra informações referentes as dimensões espaciais do recinto, altura do pé direito, mobiliário, ocupação, tipos de esquadrias, revestimentos e acabamentos. Na sequência, com auxílio de planilhas virtuais, cria-se uma tabela com todas os dados coletados na etapa anterior. Com a aplicação da fórmula de Eyring, calcula-se o tempo de reverberação de cada ambiente. Deve-se determinar o tempo de reverberação recomendado para os espaços em função do uso e do volume. Então, compara-se o valor calculado para a sala atual com o valor recomendado para determinar inadequações.

Em relação ao isolamento acústico, foi realizado o cálculo da perda de transmissão sonora composta e o índice de isolamento sonoro por condução aérea para a parede que divide o auditório maior e o espaço de convivência.

Todos os materiais encontrados nos ambientes escolhidos e seus coeficientes de absorção adotados estão organizados na Tabela 2. A maioria dos dados empregados foram retirados de dissertações de mestrado e do material de apoio disponibilizados durante a disciplina de Conforto Ambiental III da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPA.

Tabela 2 - Coeficiente de absorção dos materiais.

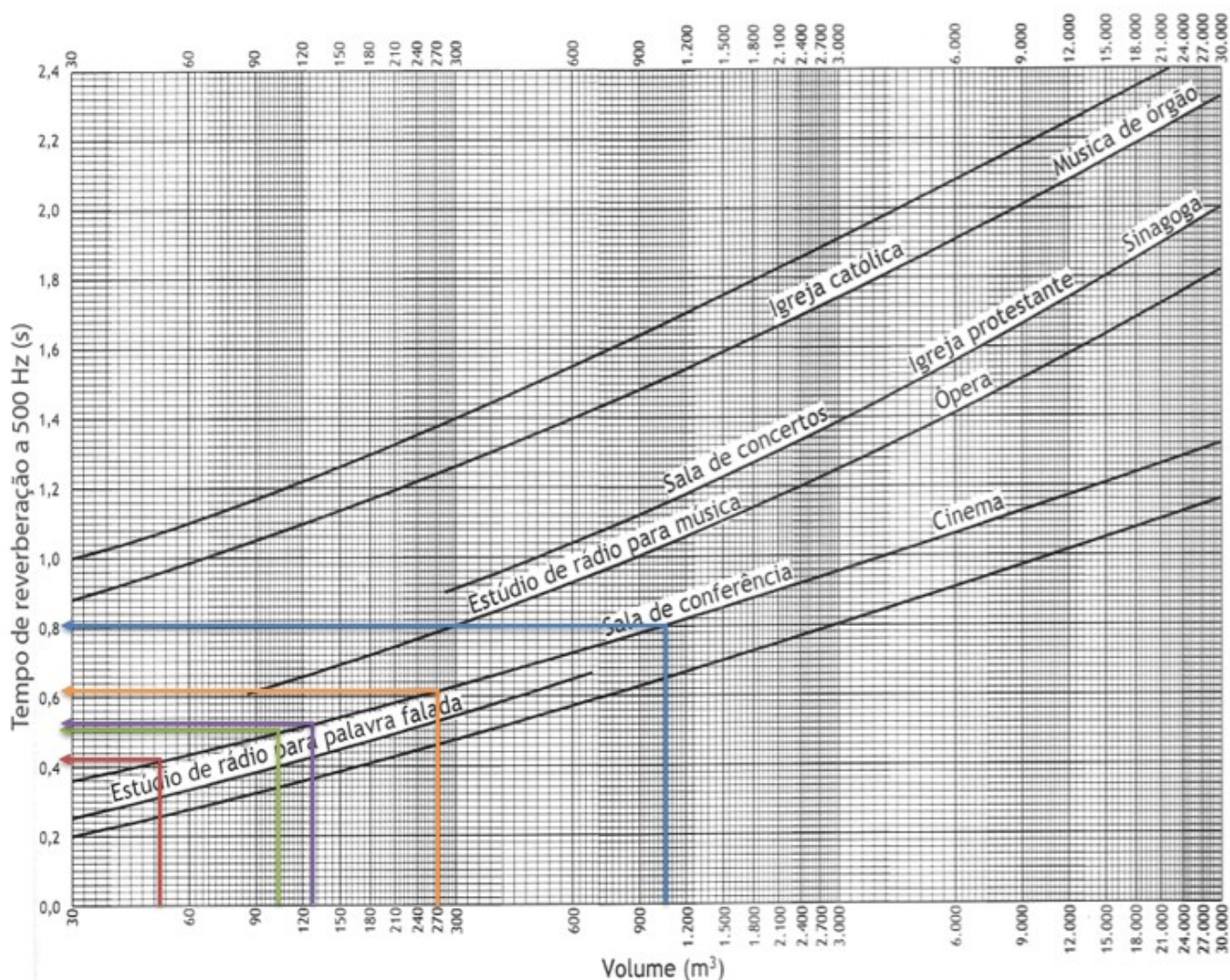
Material	Frequências (Hz)						Referência
	125	250	500	1000	2000	4000	
Piso cerâmico	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	Material de apoio
Piso em tábuas de madeira	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	Material de apoio
Forro rebocado de gesso liso	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	Material de apoio

Material	Frequências (Hz)						Referência
	125	250	500	1000	2000	4000	
Parede de alvenaria pintada	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05	Material de apoio
Janela envidraçada	0,20	0,15	0,10	0,07	0,05	0,02	Material de apoio
Porta de madeira	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	Material de apoio
Porta de vidro comum	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	Material de apoio
Estante de livro	0,11	0,33	0,09	0,6	0,7	0,68	Ramos, 2018
Mesa escolar	0,11	0,12	0,12	0,12	0,10	0,10	Mahl, 2022
Quadro branco	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	Mahl, 2022
Cadeira universitária	0,027	0,140	0,031	0,024	0,028	0,004	Gaida, 2012
Poltrona estofada cheia	0,19	0,4	0,47	0,47	0,51	0,41	Material de apoio
Poltrona estofada vazia	0,39	0,38	0,38	0,38	0,42	0,42	Material de apoio
Cadeira com encosto e assento de couro liso cheia	0,18	0,23	0,27	0,27	0,27	0,47	Material de apoio
Cadeira com encosto e assento de couro liso vazia	0,09	0,12	0,15	0,15	0,11	0,12	Material de apoio
Adulto sentado	0,20	0,28	0,32	0,37	0,41	0,35	Material de apoio

Fonte: O autor, 2024.

A definição do tempo de reverberação ótimo (TOT) a ser alcançado foi fundamentado na norma ABNT NBR 12179:1992 – de tratamento acústico em recintos fechados –, conforme representado na Figura 21. Na imagem, os ambientes são identificados por setas de cores distintas: vermelho para a sala de aula 14; verde para as salas de aula 12, 13, 15 e 17; roxo para o mini-auditório; laranja para o auditório; e azul para a biblioteca. O valor indicado na figura é referente ao tempo de reverberação considerado adequado para determinado ambiente, em função da atividade e do volume do espaço, na frequência de 500 Hz. Neste trabalho, adotou-se a curva destinada a salas de conferência.

Figura 21 - Tempo ótimo de reverberação.



Fonte: ABNT NBR 12179:1992.

Em seguida, é necessário que se faça a correção do TOT para as demais frequências, conforme fator de conversão elaborado por De Marco (1982): após encontrar o tempo ótimo para a frequência de 500 Hz, multiplica-se o mesmo valor por 1,5, 1,2, 0,95, 0,9 e 0,89 segundos para encontrar o tempo ótimo nas frequências de 125, 250, 500, 200 e 400 Hz, respectivamente. Os valores que as soluções devem ser aproximar, neste trabalho, estão reunidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Correção do tempo ótimo de reverberação para as demais frequências.

Ambientes	Frequências (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Fator de conversão	1,5	1,2	TOT	0,95	0,9	0,89
Sala de aula 14	0,63	0,50	0,42	0,40	0,38	0,37
Sala de aula 12, 13, 15 e 17	0,75	0,60	0,50	0,48	0,45	0,45
Miniauditório	0,78	0,62	0,52	0,49	0,47	0,46
Auditório	0,93	0,74	0,62	0,59	0,56	0,55
Biblioteca	1,20	0,96	0,80	0,76	0,72	0,71

Fonte: O autor, 2024.

A partir dos levantamentos feitos e dos desenhos técnicos desenvolvidos, registra-se a área de cada material encontrado nas salas escolhidas para análise. Para efeito de simplificação dos cálculos, desconsiderou-se a área das vigas aparentes com a finalidade de manter a padronização das salas. Neste sentido, agrupou-se as salas 12 e 17, e as salas 13 e 15 por apresentarem tanto as mesmas dimensões espaciais, quanto os mesmos materiais e o mesmo mobiliário. A Tabela 4 reúne os valores correspondente à metragem quadrada de cada material utilizado.

Em relação a área de observação da estante de livro, adotou-se apenas 30% da área total. De acordo com Ramos (2018), algumas superfícies apresentam uma flutuação entre coeficientes de absorção, que pode ser justificado pela não exatidão na descrição das superfícies nas literaturas. Por essa razão, deve ser feito um ajuste no valor da área utilizada nos cálculos para a estante de livros, utilizando-se o valor final de 186,81m³ ao invés da área total.

Tabela 4 - Área de cada material por ambiente, em m².

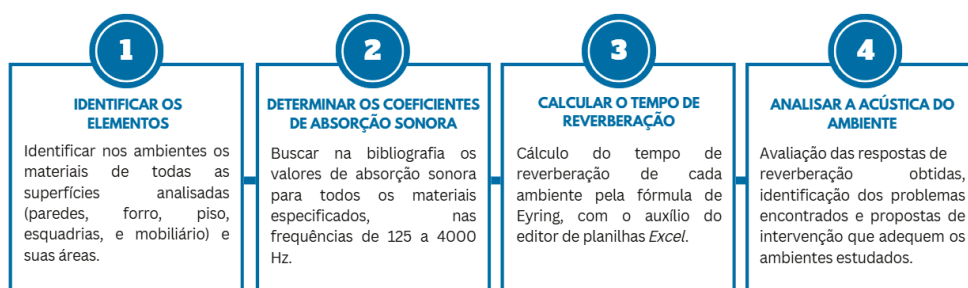
Material	Sala de aula 14	Salas de aula 12 e 17	Salas de aula 13 e 15	Miniauditório	Auditório	Biblioteca
Piso cerâmico	17,68	36,13	36,13	42,56	-	365,27
Piso em tábuas de madeira	-	-	-	-	91,79	-
Forro rebocado de gesso liso	17,68	36,13	36,13	42,56	88,83	365,27

Material	Sala de aula 14	Salas de aula 12 e 17	Salas de aula 13 e 15	Miniauditório	Auditório	Biblioteca
Parede de alvenaria pintada	50,08	60,88	60,88	77,35	113,62	191,69
Janela envidraçada	3,20	6,40	6,40	5,18	-	51,2
Porta de madeira	2,15	2,15	2,15	-	-	-
Porta de vidro comum	-	-	-	3,48	3,88	-
Estante de livro	-	-	-	-	-	622,72*
Mesa escolar	0,72	0,72	6,39	-	-	11,43
Quadro branco	-	2,40	2,40	2,40	2,40	-
Cadeira universitária	6,60	8,66	8,66	-	-	-
Poltrona estofada cheia	-	-	-	24,00	51,00	-
Poltrona estofada vazia	-	-	-	24,00	51,00	-
Cadeira com encosto e assento de couro liso cheia	-	-	-	-	-	13,59
Cadeira com encosto e assento de couro liso vazia	-	-	-	-	-	13,59
Adulto sentado	6,60	8,66	8,66	-	-	-
Área Total	98,11	153,48	159,15	193,77	351,51	1621,17

Fonte: O autor, 2024.

Com esses valores, calcula-se o tempo de reverberação a partir da equação de Eyring, vista anteriormente na (2). As etapas para a análise são descritas na Figura 22 e os resultados apresentados em gráficos no capítulo 5.

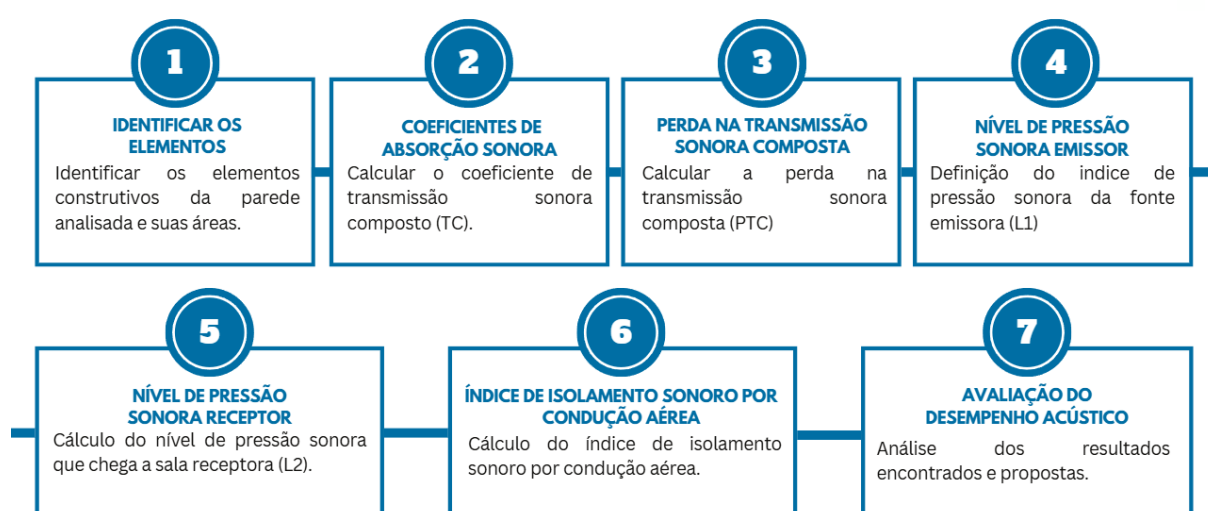
Figura 22 - Fluxo de trabalho de análise do condicionamento acústico.



Fonte: O autor, 2024.

Na etapa seguinte, verifica-se a necessidade de isolamento acústico. Inicialmente, optou-se por não fazer o isolamento das salas de aula e nem da biblioteca. Verificando a inexistência de fontes sonoras emissoras que prejudicassem a acústica do miniauditório, também se descartou a análise desse recinto. Entretanto, optou-se por fazer a avaliação do isolamento de uma das paredes do auditório maior, que divide este ambiente e uma sala de convivência. A preocupação com esta parede é de que a conversa dos alunos possa gerar ruídos no auditório. A metodologia seguida para a avaliação do isolamento, após a definição dos elementos a serem trabalhados, segue o fluxo de trabalho apresentado na Figura 23.

Figura 23 - Fluxo de trabalho de análise do isolamento acústico.



Fonte: O autor, 2024.

A divisão entre os espaços é feita por uma parede simples de alvenaria revestida de argamassa e pintada. Para este elemento, considerou-se os valores de perda na transmissão para sons aéreos apresentados na tabela.

Tabela 5 - Valores de perda na transmissão para sons aéreos.

Tipo de partição	Espessura (mm)	Densidade (Kg/m ²)	Frequências (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
Parede simples de alvenaria	125	240	36	37	40	46	54	57

Fonte: Disponibilizado pela disciplina de Conforto III da FAU-UFPA, 2021.

A primeira fórmula utilizada para o cálculo do isolamento é a do coeficiente de transmissão sonora composto (T_c), conforme a Equação (3).

$$T_c = \frac{\sum T_i S_i}{\sum S_i} \quad (3)$$

Onde:

T_c é o coeficiente de transmissão sonora composto;

T_i é o coeficiente de transmissão sonora do elemento.

S_i é a área do elemento, em m².

O cálculo da perda de transmissão sonora composto (PT_c) depende da resposta do T_c , segundo a Equação (4).

$$PT_c = 10 \log \left(\frac{1}{T_c} \right) \quad (4)$$

Onde:

PT_c é a perda na transmissão sonora composto;

T_c é o coeficiente de transmissão sonora composto;

Na etapa seguinte, define-se o nível de pressão sonora da fonte emissora. Considerando o uso da sala de conferência, os valores adotados são equivalentes ao NPS médio de conversa de pessoas, listado na Tabela 6.

Tabela 6 - Nível de pressão sonora emissores.

Local	Frequências (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
NPS médio de conversa de pessoas	65	69	73	65	60	60

Fonte: Disponibilizado pela disciplina de Conforto III da FAU-UFGA, 2021.

Na sequência, determina-se o nível de pressão sonora global representativo de um ambiente interno (L_{int}), segundo a ABNT NBR 10151:2019, segundo Equação (5).

$$L_{int} = 10 \times \log_{10} \left[\frac{1}{n} \times \left(10 \frac{L_{AEQ,T1,p1}}{10} + 10 \frac{L_{AEQ,T2,p2}}{10} + \dots + 10 \frac{L_{AEQ,Tn,pn}}{10} \right) \right] \quad (5)$$

Onde:

L_{int} é o o nível de pressão sonora global representativo de um ambiente interno, em dB;

n é o número de pontos de medição distribuídos no ambiente;

$T_1, T_2 \dots T_n$ representa os tempos de integração;

$P_1, P_2 \dots P_n$ representa os tempos de integração;

O Índice de isolamento sonoro sons de condução aérea (D_{nT}) é dado pela Equação (6).

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (6)$$

Onde:

D_{nT} é o isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado (dB);

L_1 é o nível médio de pressão sonora no recinto emissor (dB);

L_2 é o nível médio de pressão sonora no recinto receptor (dB);

T é o tempo de reverberação de referência, em segundos.

T_0 é o tempo de reverberação de referência, em segundos.

Após todos esses cálculos, obtém-se a resposta do isolamento acústico para o elemento analisado. O resultado da análise da parede em foco neste trabalho se encontra no capítulo 5.

5 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os dados de saída obtidos por simulação e, na sequência, é feita a determinação da classificação de eficiência energética dos sistemas individuais. Os critérios de elegibilidade da INI-C para a classificação A também são discutidos.

Após a análise do comportamento termoenergético da edificação, avalia-se os resultados do cálculo do tempo de reverberação para as salas de aula, os auditórios e a biblioteca, assim como o isolamento da parede que divide o auditório do espaço de convivência.

5.1 Dados de saída pós-simulação

Os relatórios gerados ao final da simulação trazem informações referentes a determinação dos ganhos de calor devido à radiação solar, das trocas de calor por condução em regime transitório, dos ganhos de calor oriundo das fontes internas, das trocas de calor por trocas de massa de ar, das cargas térmicas de condicionamento/aquecimento, das temperaturas operativas dos ambientes internos e do consumo de energia do edifício com os sistemas de condicionamento de ar (Kubo, 2017).

Para a avaliação energética, as informações mais relevantes são as de consumo final por sistema e as cargas térmicas totais anuais da edificação. Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 10.

Quadro 10 - Consumos finais e carga térmica simulados, em kWh.

	Bloco A		Bloco B		Bloco C	
	Real	Referência	Real	Referência	Real	Referência
Consumo de refrigeração	80220,76	103876,01	4579,14	4738,07	26291,85	38170,86
Consumo de iluminação	18463,32	25447,98	6107,82	9480,28	5557,24	8420,07
Consumo de equipamentos	26732,14	26732,14	504,00	504,00	5888,98	5888,98
Carga térmica total anual	197569,08	253515,63	8956,76	11694,97	62172,59	95084,23

Fonte: O autor, 2023.

Diante dos resultados, procede-se a avaliação de eficiência energética seguindo os procedimentos descritos na Instrução Normativa Inmetro Comercial.

5.2 Classificação de eficiência energética

A classe de eficiência obtida para a edificação ou sistema individual avaliado varia de A (mais eficiente) para E (menos eficiente). A condição de referência se trata de um modelo com características construtivas pré-fixadas equivalentes a classificação D, com parâmetros que variam em função da tipologia arquitetônica adotada. Os procedimentos para a determinação da classificação de um edifício são descritos ao longo da Instrução Normativa Inmetro Comercial. Na INI-C, a classificação é baseada na redução do consumo da edificação real com uma edificação de referência.

Para obtenção da classe mais alta de eficiência energética, deve ser comprovado por meio de cálculos que o prédio alcança determinada redução de consumo de eletricidade. Os sistemas de condicionamento de ar, iluminação e aquecimento de água também devem atender critérios descritos no capítulo 7 da normativa para serem elegíveis à classificação A.

As fórmulas utilizadas para a determinação dos sistemas individuais são apresentadas na sequência.

5.2.1 Determinação da classificação de eficiência energética da Envoltória

A partir dos resultados obtidos por simulação, é feita a avaliação da eficiência energética da envoltória do prédio. Para a envoltória, deve-se determinar o percentual de redução da carga térmica total anual da edificação ($RedCgTT$), o que é feito a partir da comparação da carga térmica total anual do prédio na condição real com a condição de referência, segundo a Equação (7).

$$RedCgTT = \left((CgTT_{refD} - CgTT_{real}) \div CgTT_{refD} \right) \times 100 \quad (7)$$

Onde:

$RedCgTT$ é o percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (%);

$CgTT_{refD}$ é a carga térmica total anual da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);

$CgTT_{real}$ é a carga térmica total anual da edificação real (kWh/ano).

Os dados de carga térmica foram apresentados anteriormente no Quadro 10. Em posse desses valores, calcula-se o percentual de redução da carga térmica total anual. Os resultados obtidos estão agrupados no Quadro 11:

Quadro 11 - Percentual de redução da carga térmica total anual.

Carga Térmica	Bloco A	Bloco B	Bloco C
Carga térmica total anual Real (CgTTreal)	197569,08 kWh/ano	8956,78 kWh/ano	62172,59 kWh/ano
Carga térmica total anual de Referência (CgTTrefDI)	253515,63 kWh/ano	11694,97 kWh/ano	95084,23 kWh/ano
Percentual de redução da carga térmica (RedCgTT)	22,07%	23,41%	34,61%

Fonte: O autor, 2023.

Na sequência, deve-se determinar o fator de forma (FF) da edificação para obter o coeficiente de redução da carga térmica total anual da classificação D para a A (CRCgTTD-A). O cálculo do fator de forma é feito pela divisão entre a área da envoltória e o volume total construído pela edificação, conforme a Equação (8).

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}} \quad (8)$$

Onde:

FF é o fator de forma da edificação (m² /m³);

A_{env} é a área da envoltória (m²);

V_{tot} é o volume total construído da edificação (m³).

Em seguida, é necessário verificar a tipologia arquitetônica da edificação de cada bloco, tendo em vista que serão avaliados independentemente. Os blocos “B” e “C” foram definidos como “edificações educacionais” enquanto o bloco “A” foi especificado como “edificação de escritório”. Outra etapa é identificar a classificação climática da cidade em que o prédio está situado. O NAEA faz parte da Zona Bioclimática 8 (ZB 8), por estar localizado na cidade de Belém do Pará. Feita todas essas definições, é possível determinar o coeficiente de redução com o uso das Tabelas 8.12 a 8.19 da INI-C. Esse coeficiente é utilizado para construir a escala de eficiência energética geral da edificação segundo a Equação (9).

$$i = \frac{(CRCgTT_{D-A} \times 100)}{3}$$

Onde:

i é o valor calculado que representa o intervalo entre as classes, em %;

$CRCgTT_{D-A}$ é o coeficiente de redução do consumo de energia primária da classificação D para A.

Todos os dados relevantes para esta etapa da avaliação estão agrupados no Quadro 12. A partir do valor calculado de “ i ”, cria-se o Quadro 13 com os limites dos intervalos das classificações de eficiência energética para cada bloco.

Quadro 12 - Determinação do coeficiente de redução de carga térmica total anual da classificação D para a A e do intervalo entre as classes de classificação de eficiência energética da envoltória.

	Bloco A	Bloco B	Bloco C
Área da envoltória (m ²)	2278,950	783,610	1318,180
Volume total (m ³)	4541,110	1326,260	2464,490
Fator de forma	0,50	0,59	0,53
Tipologia	Escritório	Educacional	Educacional
Classificação climática	Zona Bioclimática 8		
CRCgTTD-A	0,19	0,10	0,10
Intervalo i (%)	6,33	3,33	3,33

Fonte: O autor, 2023.

Quadro 13 - Limites dos intervalos da classificação de eficiência energética da envoltória.

	A	B	C	D	E
Bloco A	RedCgTT > 18,9	18,9 ≥ RedCgTT > 12,6	12,6 ≥ RedCgTT > 6,3	6,3 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0
Bloco B	RedCgTT > 9,9	9,9 ≥ RedCgTT > 6,6	6,6 ≥ RedCgTT > 3,3	3,3 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0
Bloco C	RedCgTT > 9,9	9,9 ≥ RedCgTT > 6,6	6,6 ≥ RedCgTT > 3,3	3,3 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0

Fonte: O autor, 2023.

Comparando-se o valor do percentual de redução de carga térmica total anual da edificação com os limites dos intervalos, identifica-se a classificação “A” para todos os blocos da envoltória do prédio, dispostas no Quadro 14.

Quadro 14 - Classificação de eficiência energética da envoltória.

	Classificação de eficiência energética
Bloco A	Selo A para Envoltória
Bloco B	Selo A para Envoltória
Bloco C	Selo A para Envoltória

Fonte: O autor, 2023.

5.2.2 Determinação da classificação de eficiência energética do Condicionamento de Ar

A avaliação do sistema de condicionamento de ar é baseada no percentual de redução do consumo de refrigeração (RedCR), seguindo a Equação (10). Os valores de entrada e o resultado do RedCR são exibidos no Quadro 15 – Consumo de refrigeração e percentual de redução do consumo de refrigeração.

$$RedC_R = \left((C_{R,refD} - C_{R,real}) \div C_{R,refD} \right) \times 100 \quad (10)$$

Onde:

$RedC_R$ é o percentual de redução do consumo de refrigeração (%);

$C_{R,refD}$ é o consumo de refrigeração da edificação de referência (kWh/ano);

$C_{R,real}$ é o consumo de refrigeração da edificação real (kWh/ano).

Quadro 15 – Consumo de refrigeração e percentual de redução do consumo de refrigeração.

Carga Térmica	Bloco A	Bloco B	Bloco C
Consumo de refrigeração da edificação real (CR,real)	80220,76 kWh/ano	4579,14 kWh/ano	26291,85 kWh/ano
Consumo de refrigeração da edificação na condição de referência (CR,refD)	103876,01 kWh/ano	4738,07 kWh/ano	38170,86 kWh/ano
Percentual de redução do consumo de refrigeração (RedCr)	22,77%	3,35%	31,12%

Fonte: O autor, 2023.

Os intervalos das classificações de eficiência energética variam de acordo com a zona climática. Para a ZB8, os limites dos intervalos da classificação são iguais aos do Quadro 16 - Limites dos intervalos da classificação de eficiência energética para o sistema de condicionamento de ar.

Quadro 16 - Limites dos intervalos da classificação de eficiência energética para o sistema de condicionamento de ar.

Classificação Climática	A	B	C	D	E
Zona Bioclimática 8	RedCr > 43	43 ≥ RedCr > 29	29 ≥ RedCr > 14	14 ≥ RedCr ≥ 0	RedCr < 0

Fonte: O autor, 2023.

É importante destacar que para que a edificação seja elegível à classificação A, deve atender a uma série de critérios descritos nos subitens 7.1.1 e 7.1.2 da INI-C. Caso os requisitos não atendam a uma capacidade instalada superior a 90% da edificação, a classificação fica limitada à classe de nível B.

A primeira condição a ser atendida é em relação ao Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS), que deve possuir o valor mínimo de 5,50. Além disso, o sistema deve atender a um requisito de isolamento térmico das tubulações, cuja espessura mínima deve ser atendida em função do raio externo da tubulação. Quanto maior o diâmetro nominal, maior a espessura do isolante térmico.

Muitos dos modelos encontrados na edificação são antigos e não são encontrados nas tabelas disponibilizadas pelo Inmetro, tornando impossível a identificação dos índices das máquinas. Contudo, tomando como parâmetro o índice de eficiência energética (EER), observa-se que poucas unidades apresentam valores superiores a 3,2, o que indica que a qualidade das máquinas está abaixo do desejável.

Dessa forma, obtém-se que o sistema de ar-condicionado dos blocos A, B e C apresentam, respectivamente, classificação C, classificação D e classificação B, conforme apresentado no Quadro 17 - Classificação de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.

Quadro 17 - Classificação de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.

	Classificação de eficiência energética
Bloco A	Selo C para o Sistema de Refrigeração
Bloco B	Selo D para o Sistema de Refrigeração
Bloco C	Selo B para o Sistema de Refrigeração

Fonte: O autor, 2023.

Diante do exposto, percebe-se a necessidade de trocar todas as máquinas atuais para que seja possível alcançar classificação de nível A.

5.2.3 Determinação da classificação de eficiência energética do sistema de iluminação

O valor de consumo de iluminação é um dos resultados obtidos a partir da simulação computacional. Dessa forma, pode-se aplicar os dados de consumo diretamente na Equação (11) para determinar o percentual de redução do consumo de iluminação (RedCil).

$$RedC_{IL} = \left((C_{IL,refD} - C_{IL,real}) \div C_{IL,refD} \right) \times 100 \quad (11)$$

Onde:

$RedC_{IL}$ é o percentual de redução do consumo de iluminação (%);

$C_{IL,refD}$ é o consumo de iluminação da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);

$C_{IL,real}$ é o consumo de iluminação da edificação real (kWh/ano).

O Quadro 18 apresenta os valores de consumo (kWh/ano) e o percentual de redução de consumo de iluminação (%).

Quadro 18 – Percentual de redução do consumo de iluminação, em %.

	Bloco A	Bloco B	Bloco C
Consumo de iluminação da edificação real ($C_{IL,real}$)	18463,32 kWh/ano	6107,82 kWh/ano	5557,24 kWh/ano
Consumo de iluminação da edificação na condição de referência ($C_{IL,refD}$)	25447,98 kWh/ano	9480,28 kWh/ano	8420,07 kWh/ano
Percentual de redução do consumo de iluminação (RedCIL)	27,45%	35,57%	34,00%

Fonte: O autor, 2023.

A próxima etapa é a classificação da eficiência energética do sistema de iluminação, que deve ser feito levando em consideração o RedCIL e a escala baseada no percentual de redução do consumo do sistema de iluminação da classificação D ($C_{IL,refD}$) para a classificação A ($C_{IL,refA}$). A classificação de eficiência energética do sistema de iluminação é feita a partir do percentual de redução do consumo do sistema de iluminação da edificação real (RedCIL) e a escala resultante. Caso a edificação real apresente RedCIL negativo, sua classificação final será E. A escala deve ser criada com base no valor de "i", encontrado por meio da Equação (12).

$$i = \frac{((C_{IL,refD} - C_{IL,refA}) \times 100)}{3} \quad (12)$$

Onde:

i é o valor calculado que representa o intervalo entre as classes, em %;

$C_{IL,refD}$ é o consumo do sistema de iluminação com a classificação D (kWh/ano);

$C_{IL,refA}$ é o consumo do sistema de iluminação com a classificação A (kWh/ano).

Os consumos para as condições de referência equivalentes a classificação A e D são calculados com base na potência de iluminação limite, horas de uso da edificação e o número de dias de ocupação, segundo a Equação (13) apresentada no anexo B.III da INI-C.

$$C_{IL,refD e A} = (PI_{LD} \times h \times N_{ano}) \div 1000 \quad (13)$$

Onde:

$C_{IL,refD e A}$ é o consumo do sistema de iluminação das condições de referência equivalentes à classificação D ($C_{IL,refD}$) e a classificação A ($C_{IL,refA}$), em kWh/ano;

PI_L é a potência de iluminação limite para a classificação D (PI_{LD}) e A (PI_{LA}), em W;

h são as horas de uso da edificação, conforme tipologia das tabelas do Anexo A da INI-C;

N_{ano} são os dias de ocupação ao ano, conforme tipologias das tabelas do Anexo A da INI-C;

Para encontrar o consumo do sistema para condição de referência “A”, deve-se determinar a potência limite de consumo (PI_A), em W, que depende do produto entre a densidade de potência de iluminação (DPIL) e a área iluminada das principais atividade da edificação. O mesmo procedimento deve ser feito para se encontrar o consumo do sistema para condição de referência “D”. As três funções identificadas no edifício como um todo foram: biblioteca, escritório e universidade. No Quadro 19 foram listadas as áreas atribuídas a cada atividade, por bloco, assim como o limite máximo aceitável de DPIL para a classificação A, em W/m².

Quadro 19 – Áreas de iluminação distribuídas por atividade e blocos e limite máximo aceitável de DPIL para a classificação A.

	Escritório	Universidade	Biblioteca
Bloco A	862,86 m ²	-	419,47 m ²
Bloco B	-	385,62 m ²	-
Bloco C	331,8 m ²	377,47 m ²	-
DPIL Classif. A	8,5 W/m ²	8,7 W/m ²	8,4 W/m ²

Fonte: O autor, 2023.

O resultado do cálculo da potência limite de consumo (PILA) é apresentado no Quadro 20, assim como o consumo do sistema de iluminação para a classificação A e D, e a escala do intervalo entre as classes, em %.

Quadro 20 - Potência limite de consumo, consumo do sistema de iluminação e intervalo entre as classes limites de classificação.

	PILA (W)	PILD (W)	Horas de uso	Dias de ocupação	CIL,refA (kWh/ano)	CIL,refD (kWh/ano)	i (%)
Bloco A	10857,86	19884,57	10	260	28230,43	51699,89	15,13
Bloco B	3354,894	5977,11	8	200	5367,83	9563,38	14,62
Bloco C	6104,289	10529,16	8	200	9766,86	16846,66	14,01

Fonte: O autor, 2023.

Tendo em mão todos esses dados, cria-se a tabela com os limites dos intervalos das classificações de eficiência energética, exposto no Quadro 21.

Quadro 21 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética do sistema de iluminação.

	A	B	C	D	E
Bloco A	RedCIL > 45,40	45,40 ≥ RedCIL > 30,26	30,26 ≥ RedCIL > 15,13	15,13 ≥ RedCIL ≥ 0	RedCIL < 0
Bloco B	RedCIL > 43,87	43,87 ≥ RedCIL > 29,25	29,25 ≥ RedCIL > 14,62	14,62 ≥ RedCIL ≥ 0	RedCIL < 0
Bloco C	RedCIL > 42,02	42,02 ≥ RedCIL > 28,02	28,02 ≥ RedCIL > 14,01	14,01 ≥ RedCIL ≥ 0	RedCIL < 0

Fonte: O autor, 2023.

Tomando como partida apenas os cálculos, conclui-se que o bloco A apresenta classificação “C” de eficiência referente a iluminação, enquanto que os demais apresentam classe “B”. Entretanto, assim como no sistema de ar condicionado, deve-se verificar o atendimento a alguns critérios dispostos nos subitens 7.2.1 a 7.2.3 da INI-C para verificar a elegibilidade da classificação A para o prédio avaliado.

O primeiro critério é o da contribuição da luz natural, que dispõe a necessidade de uma fileira de luminárias paralelas às aberturas voltadas para o exterior, com acionamento independente das demais, para permitir o aproveitamento da iluminação natural disponível. É observado um grande potencial de aproveitamento da iluminação

no prédio, com a maioria das salas voltadas para o exterior, contudo a grande maioria das salas não atendem esse requisito.

O segundo critério é referente ao controle local, que destaca a necessidade de cada ambiente possuir um dispositivo de controle da iluminação interna de forma independente para cada 250 m² em áreas de até 1000 m². Isso é cumprido na maior parte do prédio, com exceção das circulações e da biblioteca.

O último critério é em relação ao desligamento automático do sistema de iluminação. Todos os ambientes acima de 250m² devem possuir um dispositivo de automação, que deve funcionar de acordo com critérios estabelecidos na normativa. A biblioteca é o único espaço do NAEA onde esse requisito é aplicável, mas não possui nenhum sistema de controle automático para as lâmpadas.

Dado o exposto, percebe-se que o Bloco A também não atende os pré-requisitos da normativa e, portanto, está limitado a classificação B de eficiência energética, conforme Quadro 22 - Classificação de eficiência energética do sistema de iluminação.

Quadro 22 - Classificação de eficiência energética do sistema de iluminação.

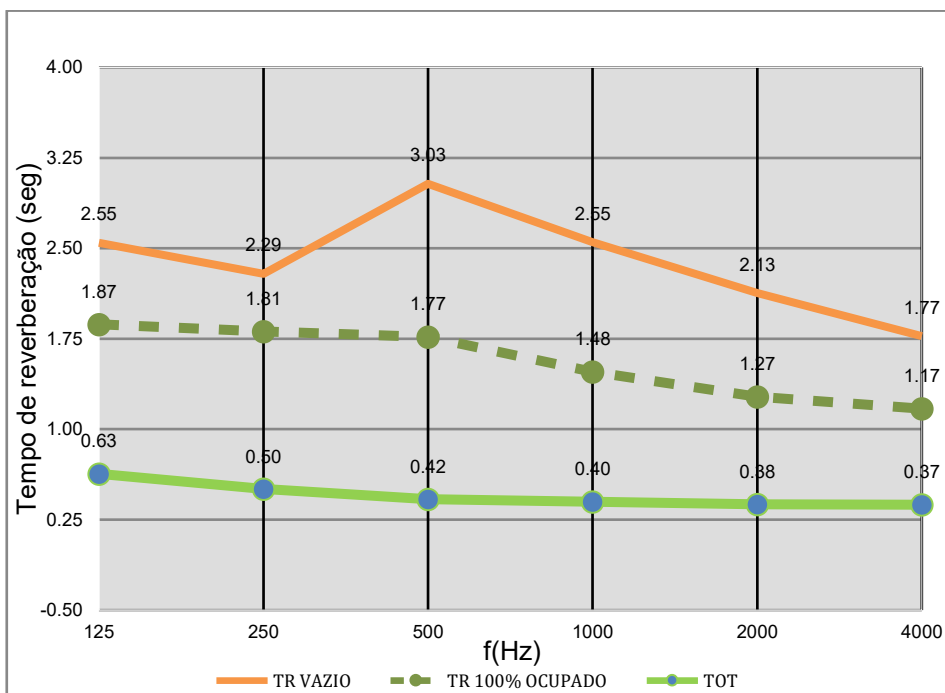
	Classificação de eficiência energética
Bloco A	Selo C para o sistema de Iluminação
Bloco B	Selo B para o sistema de Iluminação
Bloco C	Selo B para o sistema de Iluminação

Fonte: O autor, 2023.

5.3 Avaliação da acústica na condição atual

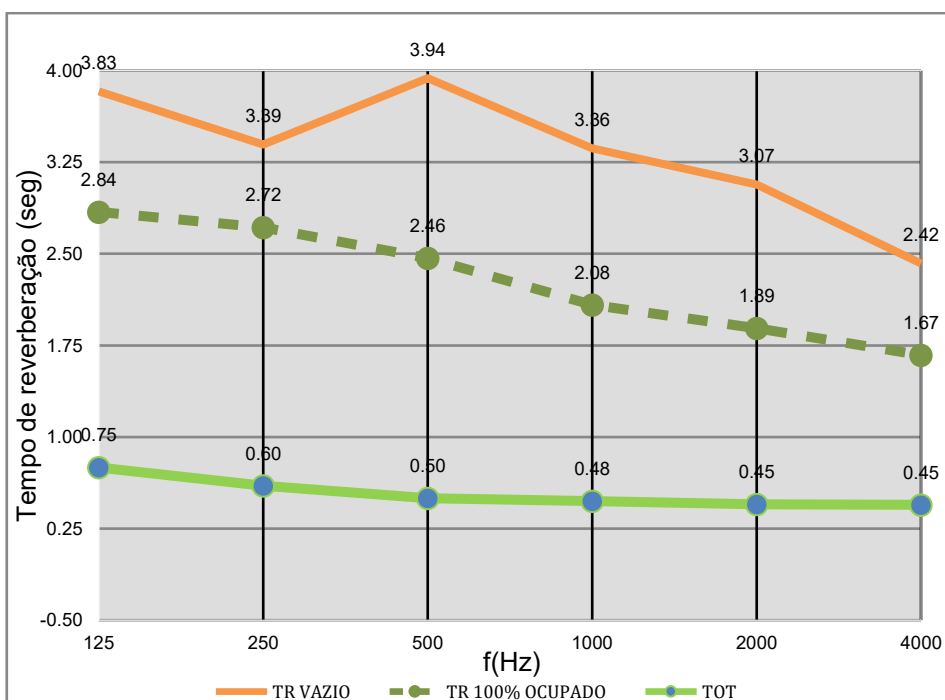
A análise acústica considerou os recintos em duas condições: com 100% de ocupação e vazia. Dessa forma, com auxílio de uma planilha virtual e em posse de todas as informações descritas no capítulo anterior, calculou-se o tempo de reverberação das salas de aula, dos auditórios e da biblioteca. Os resultados são apresentados a partir do Gráfico 1 até o Gráfico 6.

Gráfico 1 - Tempo de reverberação da sala de aula 14 na condição atual.



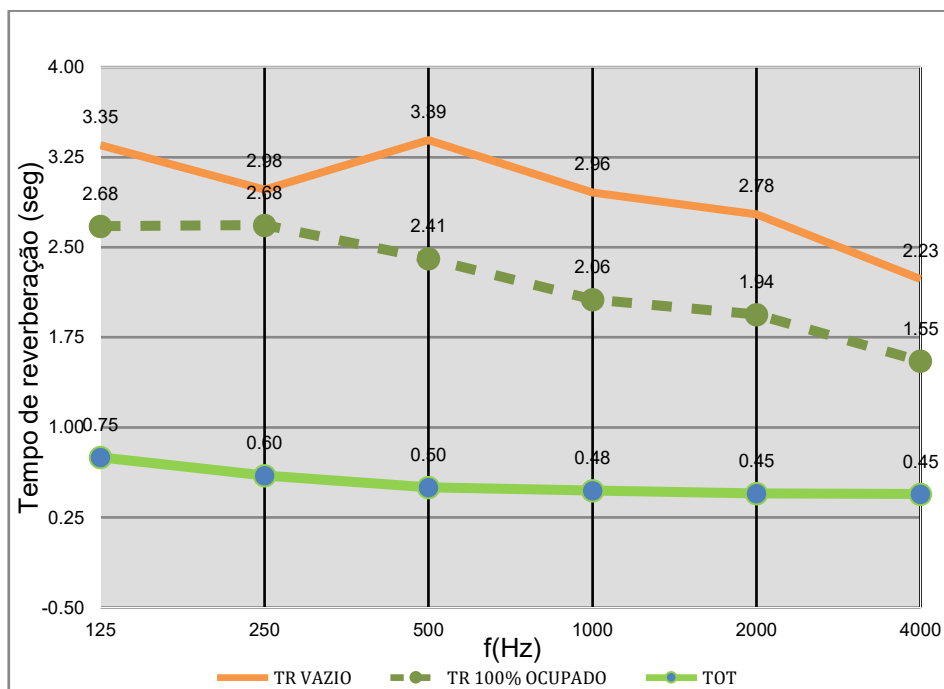
Fonte: O autor, 2024.

Gráfico 2 - Tempo de reverberação das salas de aula 12 e 17 na condição atual.



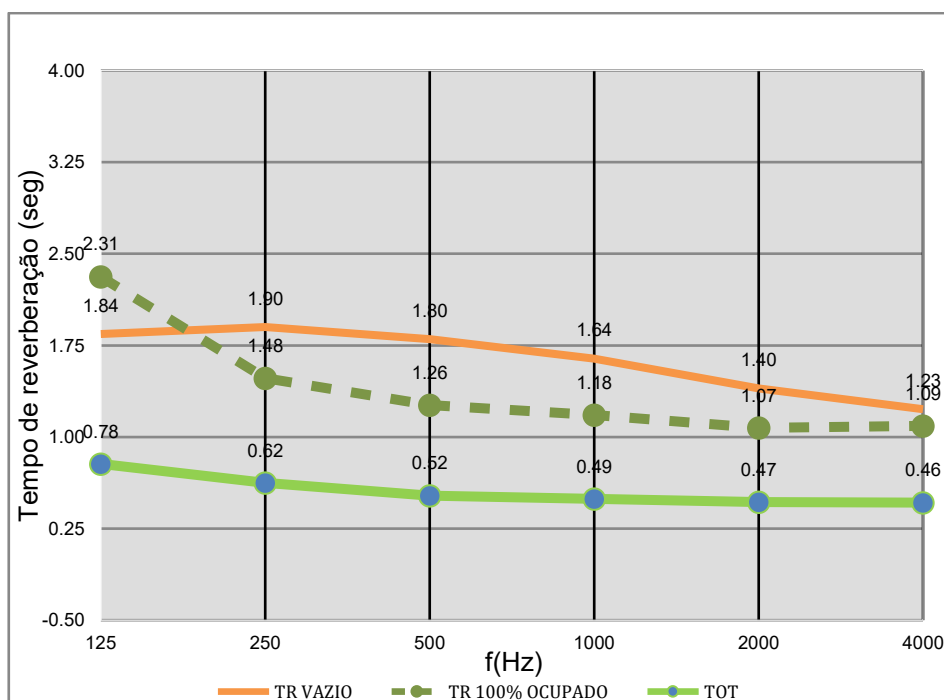
Fonte: O autor, 2024.

Gráfico 3 - Tempo de reverberação das salas de aula 13 e 15 na condição atual.



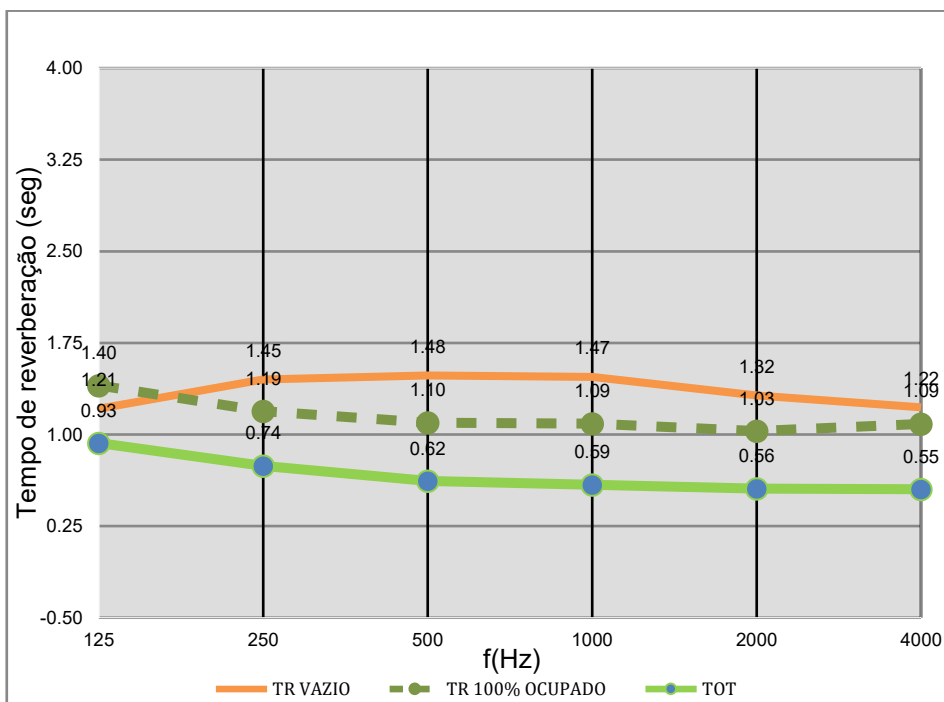
Fonte: O autor, 2024.

Gráfico 4 - Tempo de reverberação do miniauditório na condição atual.



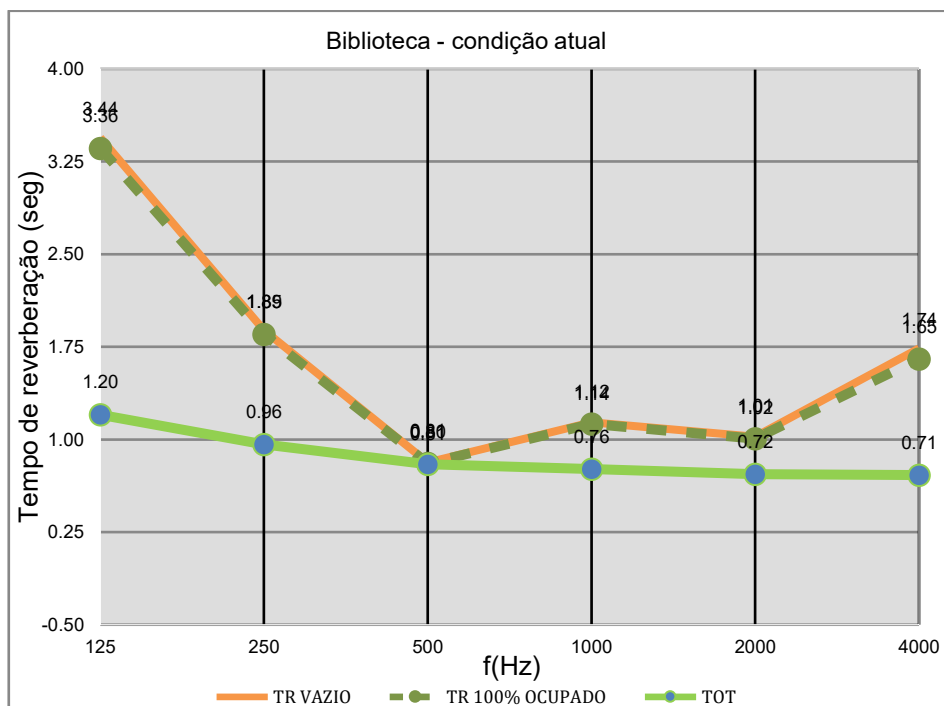
Fonte: O autor, 2024.

Gráfico 5 - Tempo de reverberação do auditório na condição atual.



Fonte: O autor, 2024.

Gráfico 6 - Tempo de reverberação da biblioteca na condição atual.



Fonte: O autor, 2024.

A partir das informações exibidas nos gráficos, cria-se a Tabela 7 que faz a comparação entre o tempo ótimo de reverberação e os valores calculados na situação

atual quando a sala está totalmente vazia. Quanto mais próximo de 0 for o valor, melhor a resposta da sala quanto a reverberação para aquela determinada frequência. Segundo Klavdianos (2019), baixa absorção e ambientes muito reverberantes podem causar dificuldade na compreensão da fala devido a muitas reflexões sonoras. Sendo assim, as soluções trabalhadas neste estudo visam a redução da reverberação de modo a aproximar o valor atual e o da condição de referência. Os valores negativos significam que o ambiente apresenta absorção maior do que é necessário.

Tabela 7 - Diferença entre o tempo de reverberação na condição atual e o tempo ótimo.

Condição	Ambiente	Frequências (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
TR-TOT (0%)	Sala de aula 14	1,92	1,78	2,61	2,15	1,75	1,40
	Sala de aula 12/17	3,08	2,79	3,44	2,89	2,62	1,98
	Sala de aula 13/15	2,60	2,38	2,89	2,48	2,35	1,79
	Miniauditório	1,06	1,28	1,28	1,15	0,93	0,76
	Auditório	0,28	0,71	0,86	0,88	0,76	0,67
	Biblioteca	2,24	0,93	0,01	0,38	0,30	1,03
TR-TOT (100%)	Sala de aula 14	1,24	1,31	1,35	1,08	0,89	0,80
	Sala de aula 12/17	2,09	2,12	1,96	1,61	1,44	1,23
	Sala de aula 13/15	1,93	2,08	1,91	1,59	1,49	1,11
	Miniauditório	1,53	0,86	0,74	0,69	0,61	0,63
	Auditório	0,47	0,45	0,48	0,5	0,47	0,54
	Biblioteca	2,16	0,89	0,01	0,36	0,29	0,94

Legenda:

- TR-TOT excelente: entre 0 a 0,51 segundos.
- TR-TOT bom: entre 0,51 a 1,51 segundos.
- TR-TOT aceitável: entre 1,51 a 2,51 segundos.
- TR-TOT ruim: acima de 2,51 segundos.

Fonte: O autor, 2024.

A legenda da tabela anterior apresenta quatro cenários possíveis para o comportamento acústico no ambiente. Quando a diferença entre o tempo atual (TR) e o tempo ótimo (TOT) de reverberação se encontra na faixa de 0 a 0,51 segundos, este cenário é considerado excelente. Valores entre 0,51 a 1,51 representam um bom comportamento. O cenário ainda é considerado aceitável desde que esteja dentro da faixa de 1,51 a 2,51, entretanto passa a ser ruim caso a diferença entre o TR e o TOT seja superior a 2,51 segundos.

Os resultados obtidos revelam que as salas de aula não possuem reverberação adequada e, portanto, necessitam intervenção. As salas de aula 12 e 17 apresentaram

elevada reverberação, entre 1,98 e 3,44 segundos nas frequências analisadas, para a condição sem ocupação. Apesar de apresentarem a mesma geometria, as salas de 13 e 15 diferem por terem mais mobiliários, reduzindo a diferença entre o tempo atual e o ótimo para 1,79 e 2,89 segundos na mesma condição. A sala de aula 14 não apresenta cenários ruins na condição sem ocupação, entretanto é limitada a classificação aceitável na maioria das faixas de frequência, com a diferença do TR e do TOT entre 1,40 e 2,61 segundos.

Ao levar em consideração as salas de aulas totalmente ocupadas, o valor da diferença entre o TR e o TOT será alterado, tendo em vista que as pessoas são absorvedores sonoros, contribuindo para a moderação da reverberação no ambiente. Nesse cenário, nenhuma das salas de aula apresenta um cenário ruim, ficando limitadas ao cenário aceitável ou bom. As salas 12 e 17 variaram entre 1,23 e 2,12 segundos; as salas 13 e 15, entre 1,11 e 2,08 segundos; enquanto que a sala 14 ficou entre 0,80 e 1,35 segundos.

O miniauditório ficou limitado ao cenário bom, tanto na condição sem ocupação quanto no caso totalmente ocupado. No primeiro, a diferença entre o TR e o TOT variou entre 0,76 e 1,28 segundos nas frequências analisadas, enquanto que no outro cenário a variação ficou 0,61 e 1,53 segundos.

O auditório apresentou um cenário excelente, na frequência de 125 Hz, no cenário desocupado, e bons resultados nas demais frequências. A variação do TR e do TOT ficou entre 0,28 e 0,88 segundos. Ao considerar a ocupação máxima de 85 pessoas, o ambiente conseguiu atingir resultados excelentes em cinco das frequências analisadas, com a diferença do TR e do TOT variando entre 0,45 e 0,54 segundos. Novamente, a presença das pessoas contribuiu para a moderação da reverberação no ambiente, entretanto o recinto ainda pode ser melhorado na condição de ocupação vazia.

A biblioteca se mostrou muito absorvente devido a grande quantidade de estantes de livros. No cenário desocupado, a variação foi de 0,01 a 2,24 segundos. Considerando a ocupação total, este valor fica entre 0,01 e 2,16 segundos. Devido a área ocupada pelas estantes ser significativa, o efeito da ocupação de pessoas não é tão significativo quanto nos demais casos. Ainda assim, é interessante que o tempo de reverberação na biblioteca seja reduzido para que o tempo de duração dos ruídos seja menor.

A análise do isolamento da parede entre o auditório na condição atual e da sala de convivência gerou o Quadro 23.

Quadro 23 - Cálculo para determinação do Lint e isolamento sonoro do auditório.

Elemento Construtivo	Área [m ²]	Perda de Transmissão para sons aéreos (dB)	125	250	500	1000	2000	4000
Parede	17,55	Alvenaria	36	37	40	46	54	57
Coefficientes de transmissão sonora dos elementos (τ_i)			125	250	500	1000	2000	4000
τ_1			0,00025	0,00020	0,00010	0,00003	0,00000	0,00000
$\tau_i \times S_i$			0,004408	0,003502	0,001755	0,000441	0,000070	0,000035
τ composto			0,000251	0,000200	0,000100	0,000025	0,000004	0,000002
R composto (Rc)			36,0	37,0	40,0	46,0	54,0	57,0
Determinação do Nível de Pressão Sonora Global Representativo do Auditório								
L1 - Ext (dB)			65,0	69,0	73,0	65,0	60,0	60,0
L2 (dB) NBR10152:2017			29,0	32,0	33,0	19,0	6,0	3,0
TR na sala receptora [s]			0,28	0,71	0,86	0,88	0,76	0,67
DnT (dB)			30,8	36,8	41,4	47,7	55,3	57,9
Nível de Pressão Sonora Global Representativo de um Ambiente Interno, Lint (dB)								28,7
Isolamento sonoro a ruídos de condução aérea, padronizado, DnT (dB)								52,3

Fonte: O autor, 2024.

Conforme a NBR 10152:2019, para a avaliação sonora, o nível de pressão sonora representativo do ambiente deve ser igual ou menor que o nível de referência, de 30 dB, apresentado na Tabela 1. O cálculo revela que o auditório apresenta um nível interno adequado, pois é igual a 28,7 dB e, portanto, encontra-se dentro do limite estabelecido pela norma. O valor do Índice de isolamento sonoro por condução aérea (DnT) representa quanto de som foi atenuado entre o ambiente emissor e o receptor a partir da parede de alvenaria. O valor resultante de 52,3 dB expressa um excelente valor de isolamento. Tendo em vista a localização do prédio, relativamente afastado das pistas, e que o tráfego de veículos não é intenso nas proximidades, pode se considerar que a simples parede de alvenaria atual é o suficiente para o isolamento do auditório em relação a sala de convivência.

No capítulo de melhorias, é incluída a especificação de uma porta acústica, com o objetivo de reforçar o isolamento do ambiente.

6 DISCUSSÃO E MELHORIAS

Este capítulo fará um breve resumo dos resultados encontrados da avaliação de eficiência energética e listará as propostas para o edifício visando a classificação mais alta da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C).

Em posse dos resultados obtidos pela simulação, adotou-se os procedimentos para a determinação da classificação de eficiência energética descritos ao longo da INI Comercial.

Tanto a simulação quanto os cálculos consideram a edificação dividida em três blocos, separados em função da sua forma e diferentes usos. Os dados obtidos ao fim das etapas e da verificação da elegibilidade dos sistemas para Classificação A indicam que:

- a) A envoltória alcançou classificação A em todos os blocos.
- b) O sistema de refrigeração alcançou classificação C no Bloco “A”, classificação D no Bloco “B” e classificação B no Bloco “C”.
- c) O sistema de iluminação alcançou classificação C no Bloco “A” e B no demais;

Assim, é possível perceber que há possibilidades de melhoria no prédio referente ao consumo de eletricidade. Diante disso, são feitas algumas sugestões.

6.1 Melhorias referentes a envoltória

Ainda que a resposta obtida pela simulação seja positiva, percebe-se a oportunidade de melhoria do sistema a partir de algumas alterações. As mudanças sugeridas nesta seção podem ser compreendidas apenas como sugestões, tendo em vista que o prédio na condição atual já pode ser classificado como uma edificação classe A. Contudo, pensando na vida útil do projeto e na otimização da edificação, as propostas descritas a seguir servem para reduzir ainda mais a carga térmica do prédio.

O NAEA apresenta duas principais funções, funcionando tanto como uma edificação de escritório - diante do padrão de ocupação encontrado nos laboratórios de pesquisas - e educacional, por se tratar de uma escola de pós-graduação.

Observa-se que os materiais construtivos empregados na edificação real se aproximam das propriedades dos componentes construtivos da classificação de

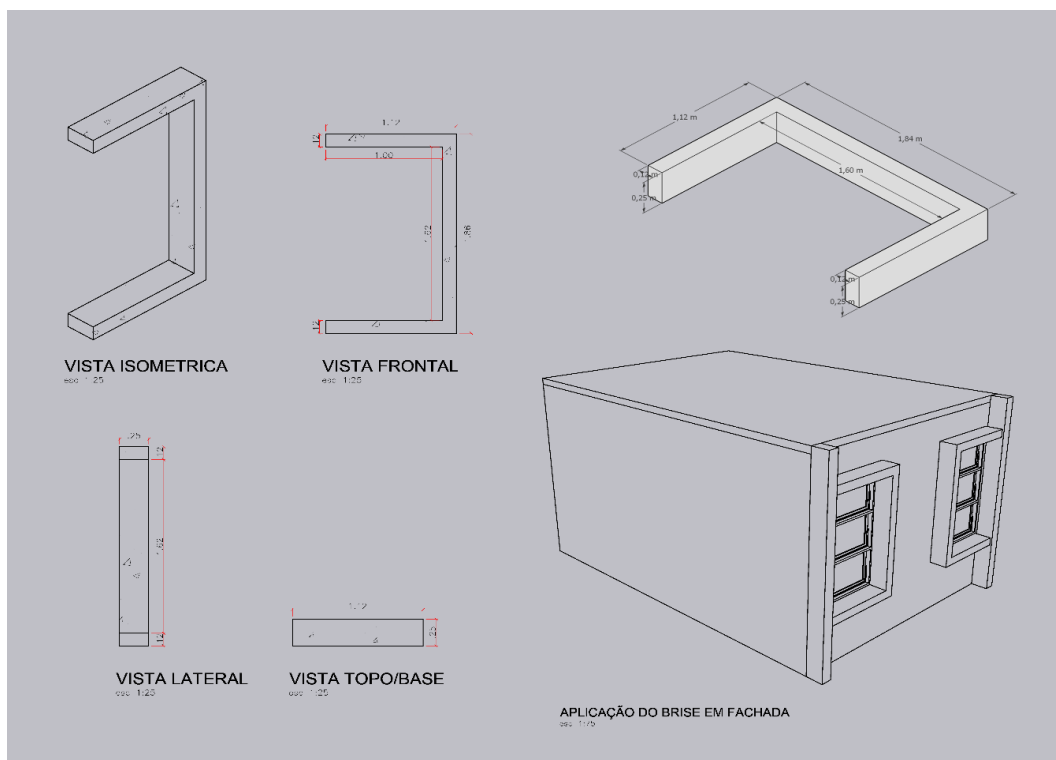
referência. As paredes são construídas com blocos cerâmicos furados revestidos com argamassa nos lados interno e externo, a cobertura é de telha de fibrocimento, e o vidro das aberturas é equivalente ao de classificação D.

Apesar dos materiais construtivos, o NAEA conseguiu alcançar a classificação mais alta de eficiência energética para envoltória. Uma das explicações se dá pela proporção entre a área envidraçada e a área opaca, que pode ser avaliado pelo Percentual de Área de Abertura na Fachada Total (PAF_T) ou pelo quociente WWR – *Window-Wall Ratio* (proporção janela-parede).

Para o prédio do NAEA, encontrou-se os valores aproximados de PAF_T iguais a 20%, 14% e 16% para os blocos A, B e C, respectivamente. A INI-C apresenta percentuais de área de abertura da fachada de 40 para edificações educacionais e 50 para as de escritório, na condição de referência. Fachadas com altos percentuais de áreas de vidro podem indicar passagem exagerada de raios solares e comprometer o conforto térmico dos usuários. Neste caso específico, os blocos são beneficiados com o sombreamento advindo dos blocos adjacentes ou do restaurante do NAEA, edificação localizada na porção posterior do prédio principal. Além disso, a proporção entre a área envidraçada e a área opaca na condição real é menor que a metade da proporção na condição de referência, portanto espera-se que o valor da carga térmica total anual seja consideravelmente menor.

Uma estratégia bioclimática para lidar com o ganho térmico através de vidros é o sombreamento. Observando a falta de sombreamento por prédios vizinhos nas fachadas sul e norte do NAEA, recomenda-se a construção de brises na composição da envoltória. O modelo de brise projetado para a edificação segue a forma de uma moldura em volta das janelas de madeira, com uma distância de 12cm para todas as direções e profundidade de 25cm, respeitando os limites dos pilares aparentes da fachada, conforme Figura 24. Recomenda-se a pintura em cor branca.

Figura 24 - Modelo do brise.



Fonte: O autor, 2023.

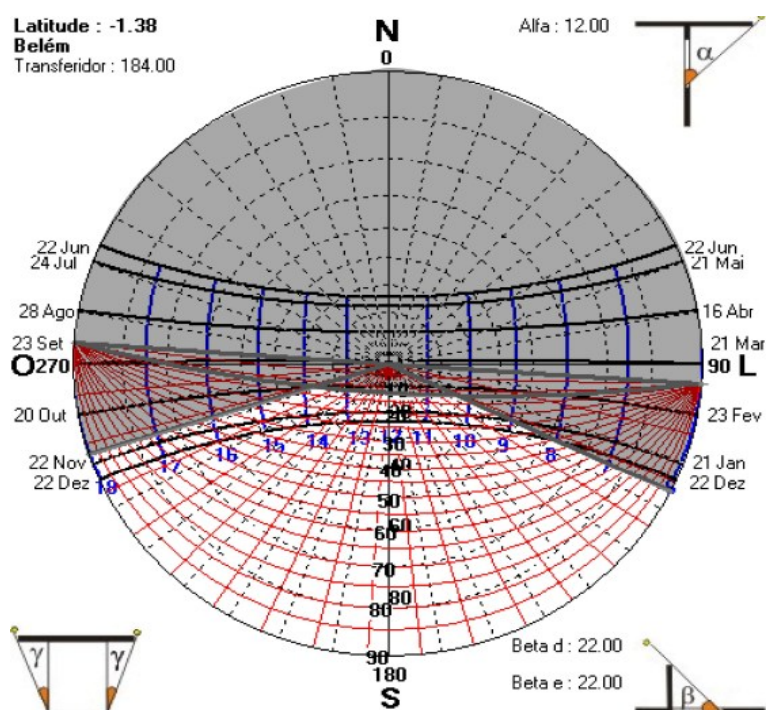
A prioridade foi proporcionar sombreamento durante a maior parte do ano, sem descaracterizar o prédio, que segue uma tipologia construtiva comum a vários prédios da universidade. Brises horizontais ou verticais muito pronunciadas poderiam causar uma sensação de estranheza e desarmonia para a composição. Como observado na Figura 25, a aplicação da solução não causa grande impacto visual na composição original. A Figura 26 apresenta a carta solar de Belém, com o mascaramento proporcionado pelo brise para a fachada Sul do bloco A.

Figura 25 – Renderização da fachada Sul do bloco A.



Fonte: O autor, renderizado no Software Revit, 2025.

Figura 26 – Traçado do mascaramento do brise aplicado na carta solar.



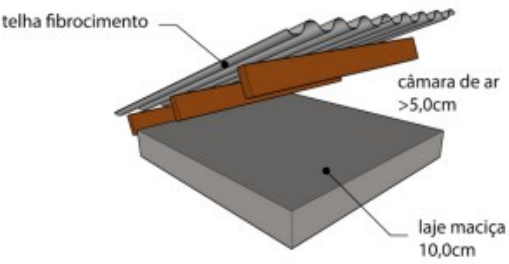
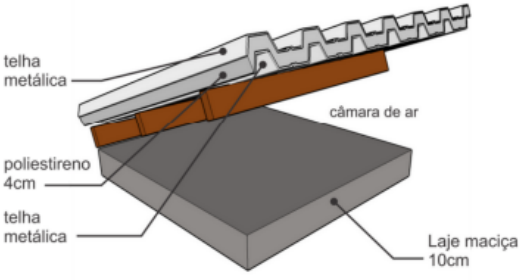
Fonte: SOL-AR, produzido pelo autor, 2023.

Outra sugestão é referente as pinturas externas. Recomenda-se a pintura das superfícies externas com tintas acrílicas foscas de baixa absorção da radiação solar. Utilizando os dados de revestimentos de Dornelles (2008), definiu-se a cor branco (número 06) para as paredes e pérola (número 14) para os brises e as estruturas aparentes.

A troca dos vidros é outra solução que deve ser adotada. O vidro simples, aplicável na condição de referência, possui fator solar (FS) de 0,82 e valor U igual a 5,7 W/m². Quanto menor esses valores, menor será o ganho de calor do ambiente. Para exemplificar esse cenário, analisando o valor U de referência para a área envidraçada de 188,76 m², referente a área de vidro da fachada sul do Bloco A, obtém-se um consumo igual a 1075,93 W. Trocando-se a condição de referência pelo vidro número 8 do catálogo de propriedades térmicas do INMETRO, cujos valores de U e FS são 3,516 e 0,359, respectivamente, o consumo é reduzido para 663,68, o que representa uma redução de 38,3%.

A última solução para a envoltória é a troca da cobertura. O Quadro 24 apresenta a situação atual do prédio e a alteração proposta.

Quadro 24 - Materiais construtivos do prédio do NAEA.

Cenário atual		Cenário proposto	
			
U [W/(m²K)]	2,13	U [W/(m²K)]	0,61
CT [kJ/m²K]	233	CT [kJ/m²K]	229

Fonte: O autor, 2023.

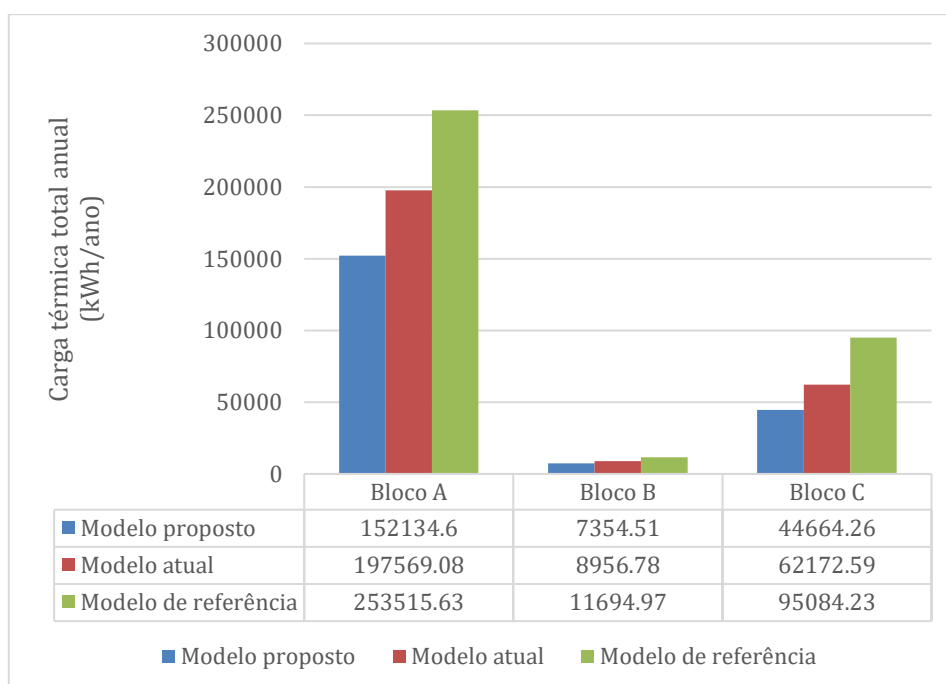
Tokosumi e Foiato (2018) fazem uma análise comparativa do comportamento térmico de diferentes tipos de telhas: termoacústica, cerâmica e fibrocimento. O estudo revela que a redução térmica obtida pela telha termoacústica em condições de altas temperaturas é significativamente superior às demais. O melhor comportamento térmico observado nas telhas sanduíches consegue impedir a passagem do calor externo de forma mais eficiente que as telhas cerâmicas e de fibrocimento. Diante do exposto, considera-se que a troca do material do telhado pode trazer grandes benefícios para o objeto de estudo.

A Tabela 8 sintetiza as decisões feitas para melhoria da classificação de envoltória. Para verificar a eficácia dessas propostas, foram feitas novas simulações para cada bloco. Os resultados comparativos entre o consumo de carga térmica proposto, atual e de referência são apresentados

Tabela 8 - Quadro-síntese da proposta.

Propriedades	Prédio Atual	Prédio Proposto
Absortância das paredes externas – α_{Par} (adimensional)	0,40	0,15
Tipo de vidro	Vidro simples incolor 6mm	Vidro CEBRACE COOL-LITE KBT 140 6mm
Fator solar do vidro – FS (adimensional)	0,82	0,359
Transmitância do vidro – U_{vid} (W/(m ² .K))	5,27	3,516
Tipo de Cobertura	Telha fibrocimento	Telha metálica
Transmitância da cobertura – U_{cob} (W/(m ² .K))	2,13	0,61
Capacidade térmica da cobertura – CT_{cob} (Kj/(m ² .K))	233	299
Presença de brises	Não	Sim

Fonte: O autor, 2024.

Gráfico 7 - Comparação entre carga térmica do modelo proposto, atual e de referência.

Fonte: O autor, 2024.

A mesma metodologia de determinação do percentual de redução da carga térmica total anual utilizada para a condição atual é usada para o modelo proposto. A etiqueta de classe A foi alcançada em todos os blocos, conforme o Quadro 25.

Quadro 25 - Classificação de eficiência energética da envoltória do modelo proposto.

	Bloco A	Bloco B	Bloco C
Percentual de redução da carga térmica (RedCgTT)	39,99%	37,11%	53,03%
Classificação de eficiência energética	Selo A para Envoltória	Selo A para Envoltória	Selo A para Envoltória

Fonte: O autor, 2024.

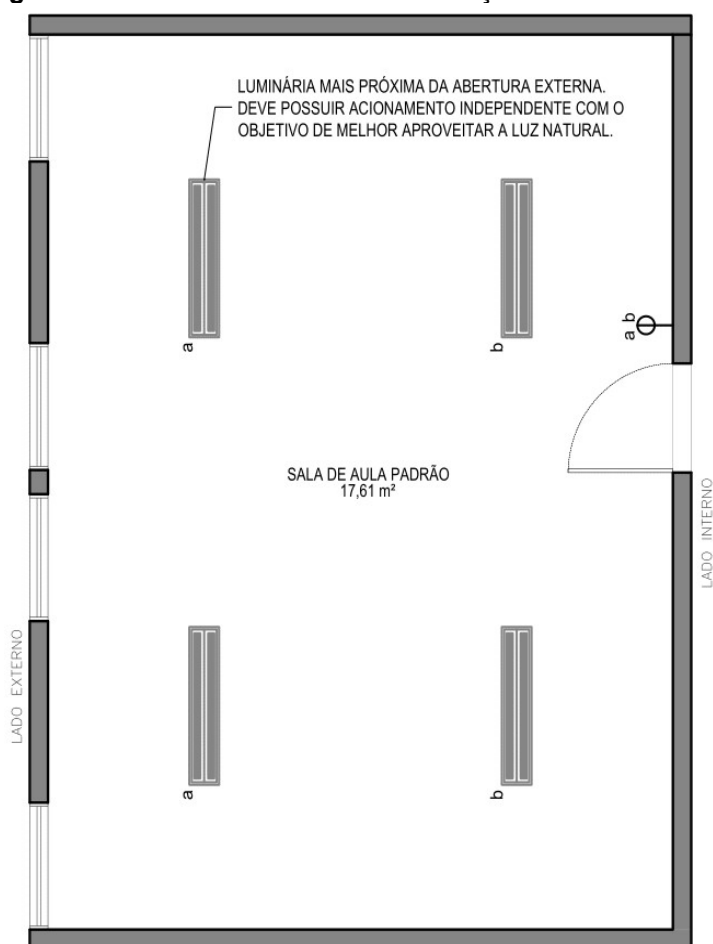
Esses resultados revelam que de fato há uma redução significativa na carga térmica a partir das soluções. Comparando-se os valores brutos de carga térmica, em kWh/ano, houve redução do modelo proposto em comparação ao modelo atual equivalente a 23%, 17,89% e 28,16% para os blocos A, B e C, respectivamente.

6.2 Melhorias referentes ao sistema de iluminação

A obtenção da etiqueta de nível A para o sistema de iluminação depende do atendimento de certos critérios em uma quantidade mínima equivalente a 90% da potência de iluminação instalada na construção. Nesse cenário, as medidas de eficiência energética devem englobar o potencial de contribuição da luz natural, o controle local e a necessidade de desligamento automático do sistema.

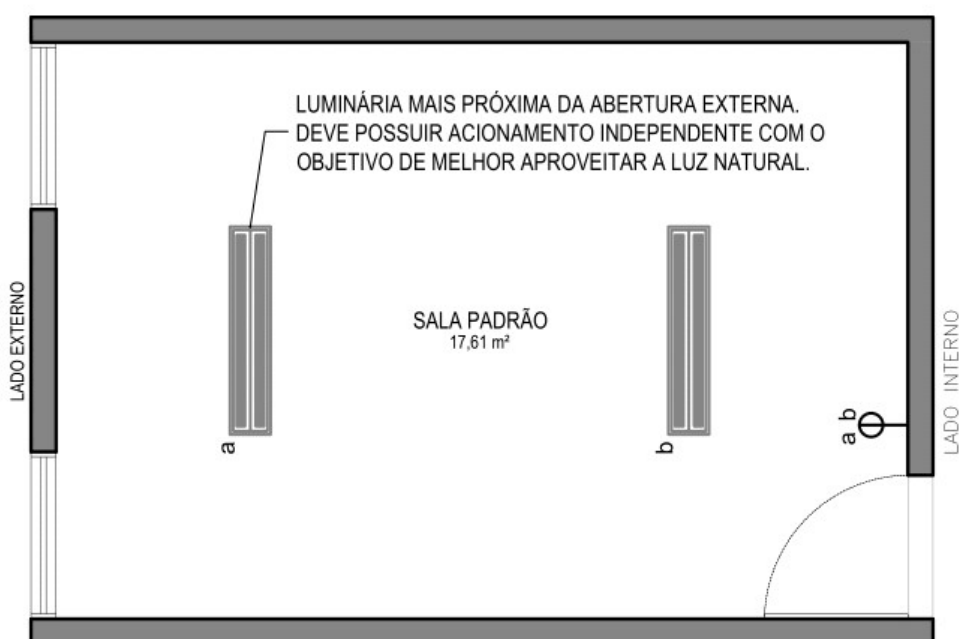
Quase todos os ambientes encontrados na edificação possuem aberturas voltadas para o lado exterior. Sendo assim, a reorganização dos acionamentos é essencial. A prioridade é garantir que a fileira de luminárias próximas às janelas tenha controle independente das demais. A Figura 27 e a Figura 28 mostram como a divisão deve ser feita, utilizando como modelo base os padrões de sala mais comuns encontrado na edificação.

Figura 27 - Divisão do sistema de iluminação nas salas de aula.



Fonte: O autor, 2023.

Figura 28 - Divisão do sistema de iluminação nas salas de escritório.



Fonte: O autor, 2023.

O segundo requisito obrigatório, de controle local, determina que todos os ambientes fechados devem possuir uma quantidade mínima de um dispositivo de acionamento manual da iluminação interna. Contudo, alguns espaços de depósito, copas, biblioteca e salas de apoio da biblioteca não atendem esse critério. Assim, devem ser providenciados para garantir a elegibilidade do prédio para a obtenção da classificação de nível mais alto.

O desligamento automático do sistema deve ser implementado em ambientes de permanência temporária, tais como corredores e banheiros, de forma a permitir o uso das luminárias somente durante os períodos em que o ambiente está sendo utilizado. As áreas de estantes e corredores da biblioteca também devem ser beneficiadas com a adoção de sensores de presença. A implementação do sistema automático dispensa a necessidade de controle local. Caso não seja adotado, a biblioteca irá necessitar de ao menos dois dispositivos de controle local devido a suas grandes dimensões, cada um responsável por uma área de até 250 m².

A Figura 29 mostra o sensor de presença da Qualitronix com fotocélula, função que detecta quando há claridade no local e desliga as lâmpadas, economizando energia. De acordo com o fabricante, a economia pode chegar até 90% por lâmpada.

Figura 29 - Sensor de presença microcontrolado.



Fonte: Qualitronix, 2023.

Fora as condições obrigatórias, também deve-se realizar a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED. No cenário atual, a potência total instalada é igual a 4708 e 10560 para as lâmpadas de LED e fluorescentes, respectivamente, totalizando 15268 W. Com a substituição das lâmpadas por outras

de menor potência, esse valor é reduzido para 9672 W, representando um decréscimo de 36,35%. Os modelos de lâmpada e luminárias escolhidas estão apresentados no Quadro 26 e as especificações por ambiente se encontram no apêndice.

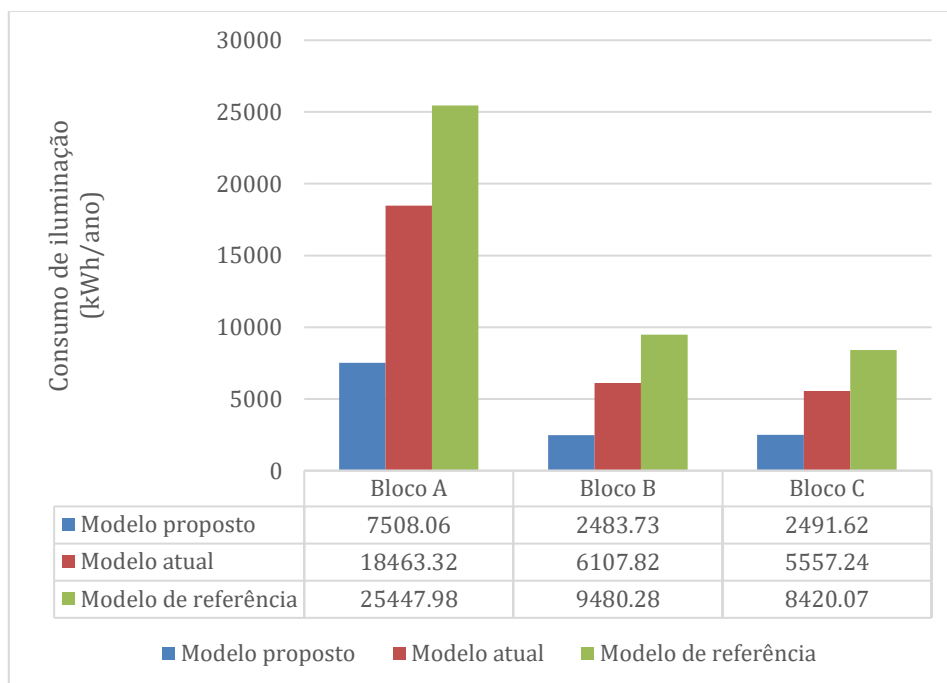
Quadro 26 - Tipos de luminária e de iluminação propostos.

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Tipo de luminária	Luminária do tipo calha sem aletas, 120cm	Luminária do tipo calha com aletas, 120cm	Luminária do tipo calha sem aletas, 60cm	Luminária do tipo soquete simples	Luminária do tipo soquete duplo
Tipo de iluminação	Lâmpada Led Tubular T8 18W 120cm 6500k Intral	Lâmpada Led Tubular T8 18W 120cm 6500k Intral	Luminária LED SLIM Bivolt Branca 18W 60cm Blumenau	Lâmpada Led Philips Bulbo A60 Bivolt Base E27 Branca Neutra - 9W	Lâmpada Led Philips Bulbo A60 Bivolt Base E27 Branca Neutra - 9W

Fonte: O autor, 2023.

A simulação do modelo proposto encontrou os resultados apresentados no Gráfico 8, que compara o consumo do sistema de iluminação em relação a condição atual e de referência da INI-C.

Gráfico 8 - Comparação entre o consumo de iluminação do modelo proposto, atual e de referência.



Fonte: O autor, 2023.

A partir da determinação do percentual de consumo de iluminação, encontra-se o valor da nova etiqueta para o modelo proposto. Conforme mostra Quadro 27, o

valor alcançado após as modificações foi igual a classificação de nível A para todos os blocos da edificação.

Quadro 27 - Classificação de eficiência energética do sistema de iluminação do modelo proposto.

	Bloco A	Bloco B	Bloco C
Percentual de redução do consumo de iluminação (RedCIL)	70,50%	73,80%	70,41%
Classificação de eficiência energética	Selo A para o sistema de iluminação	Selo A para o sistema de iluminação	Selo A para o sistema de iluminação

Fonte: O autor, 2024.

Com essas mudanças, obtém-se uma redução considerável com gastos referentes a iluminação no prédio. Em comparação ao modelo real, as propostas garantem economia de 59,34%, 59,34 e 55,16% para os blocos A, B e C, respectivamente.

6.3 Melhorias referentes ao sistema de ar-condicionado

É importante destacar que para que a edificação seja elegível à classificação A, deve atender a uma série de critérios descritos nos subitens 7.1.1 e 7.1.2 da INI-C. Caso os requisitos não atendam a uma capacidade instalada superior a 90% da edificação, a classificação fica limitada à classe de nível B.

A primeira condição a ser atendida é em relação ao Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS), que deve possuir o valor mínimo de 5,50. Muitos dos modelos encontrados em todos os blocos da edificação são antigos e não são encontrados nas tabelas disponibilizadas pelo Inmetro, tornando impossível a identificação dos índices das máquinas. Contudo, tomando como parâmetro o índice de eficiência energética (EER), observa-se que poucas unidades apresentam valores superiores a 3,2, o que indica que a qualidade das máquinas está abaixo do desejável.

A edificação apresenta um grande número de aparelhos de ar condicionado do tipo janela, que possuem como desvantagens o desconforto acústico causado por ruídos e menor eficiência energética quando comparada com outros modelos. Recomenda-se a troca desses condicionadores do modelo janela por splits.

Apesar de muitas das máquinas operando no prédio apresentarem selos de nível A, grande parte desses aparelhos são antigos e já não atendem aos critérios de eficiência do Inmetro. A solução indicada para o sistema de refrigeração é a troca dos

condicionadores de ar por máquinas novas que devem apresentar IDRS mínimo de 5,50, pré-requisito para elegibilidade de classificação A até 2026. A partir dessa data, o valor passa a ser 7,00.

Durante a instalação das novas máquinas, deve-se providenciar isolamento térmico das tubulações, com espessura mínima que deve ser calculada a partir do raio externo da tubulação, conforme a Tabela 7.7 da INI-C.

Dessa forma, o prédio irá apresentar ambientes mais confortáveis quanto a temperatura interna, melhor qualidade acústica devido a diminuição dos ruídos e classificação térmica superior ao cenário atual.

Para determinar o equipamento adequado para as necessidades específicas de cada espaço, buscou-se o site da fabricante DAIKEN e - após a inserção de dados de entrada referentes à localização, tipo de ambiente, dimensões, tipo de cobertura, exposição solar, quantidade de usuários, presença de janelas e cortinas, equipamentos elétricos e tipo de iluminação - obteve-se a capacidade ideal necessária para refrigerar o ambiente. Os condicionadores de ar escolhidos para o projeto de *retrofit* estão dispostos no Quadro 28, trazendo informações referentes à descrição, marca, selo de eficiência, modelo e o ambiente destinado.

Quadro 28 – Modelos de ar-condicionado propostos.

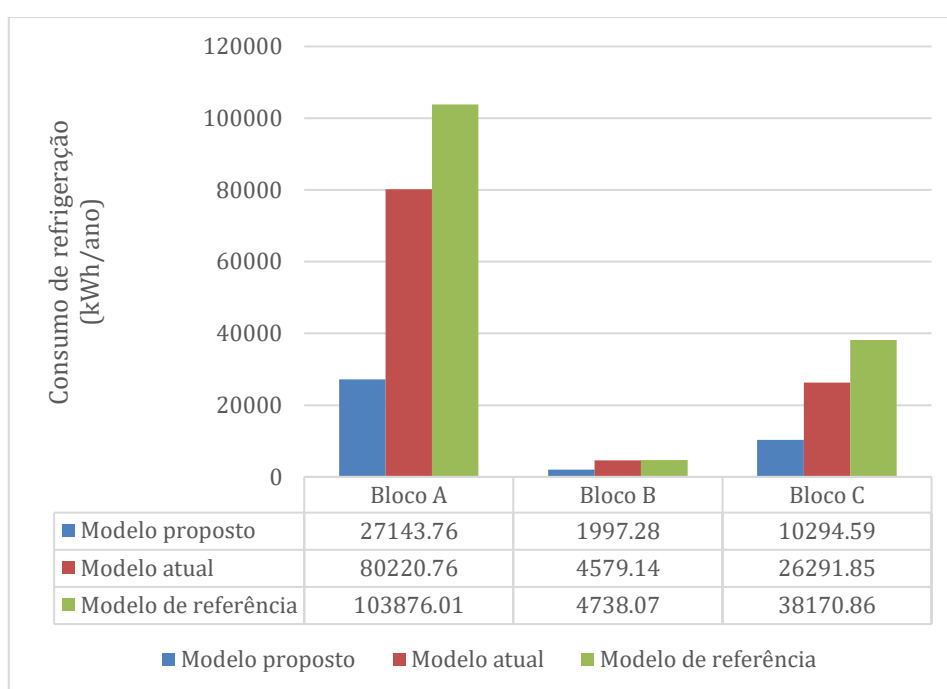
Marca	Tipo	Modelo		Capacidade de refrigeração		IDRS (Wh/Wh)	Consumo de energia (kWh/ano)	Faixa de classificação	Ambientes
		Unidade Interna	Unidade Externa	BTU	W				
Daikin	Split hi-wall	FTKP18S5VL	RKP18S5VL	18000	5275	7,6	573	A	Salas 101-110, Sala de aula 14, Circulação de referência, processamento técnico, livreria
Daikin	Split hi-wall	FTKP24S5VL	RKP24S5VL	24000	7032	8,3	700	A	Salas 201-228 (Bloco A), 225-236 (Bloco C), espaço de convivência
Daikin	Split hi-wall	FTKP09Q5VL	RKP09Q5VL	9000	2637	7,2	303	A	Depósito de livros, Despensa
GREE	Split piso-teto	GULD40ZD1/A-S(B)	GULD36W1/NhA-S(B)	40000	11720	6,35	1526	A	Salas de aula 12, 13, 15 e 17; auditório (2 unid.); miniauditório (2 unid.)

Fonte: O autor, 2023.

Para a biblioteca, também é necessário trocar as máquinas atuais. Recomenda-se a substituição por aparelhos Split Hi-Wall de 18000 BTUs da Daikin, distribuindo ao todo dez máquinas ao longo do ambiente. Entretanto, deve-se pontuar que a biblioteca é um espaço que necessita de maior atenção devido ao acervo que abriga, sendo necessário um projeto específico de engenharia mecânica.

Para verificar a eficácia das propostas, foram feitas novas simulações para cada bloco considerando a troca de todos os equipamentos de ar condicionado, respeitando a especificação do Quadro 28. Com os resultados de saída, criou-se o Gráfico 9 para comparar o consumo do prédio em três condições distintas.

Gráfico 9 - Comparação entre o consumo de refrigeração do modelo proposto, atual e de referência.



Fonte: O autor, 2023.

A etiqueta obtida após a troca do sistema de ar condicionado é determinada pelo percentual de redução do consumo de refrigeração, exibida no Quadro 29.

Quadro 29 - Classificação de eficiência energética do sistema de refrigeração do modelo proposto.

	Bloco A	Bloco B	Bloco C
Percentual de redução do consumo de refrigeração (RedCR)	73,87%	57,85%	73,03%
Classificação de eficiência energética	Selo A para o sistema de refrigeração	Selo A para o sistema de refrigeração	Selo A para o sistema de refrigeração

Fonte: O autor, 2024.

As soluções garantem uma grande redução de consumo para o prédio, e conseqüentemente na economia de gastos com eletricidade. Em comparação com o modelo atual, a proposta reduz o consumo em 66,16%, 56,38% e 60,84%, respectivamente, para os blocos A, B e C. Além disso, a troca por novas máquinas também trará maior conforto para os usuários.

6.4 Melhorias referentes à acústica dos ambientes

Propostas de intervenção foram feitas para as salas de aula e os auditórios, visando adequar os recintos acusticamente. As soluções adequadas consistem no controle da reverberação com a inserção de revestimentos fonoabsorventes e na melhoria do isolamento acústico. Tendo em vista que se trata de um prédio já construído e ocupado, buscou-se por soluções de fácil aplicação e, sendo assim, a reverberação adequada foi alcançada pela inserção de nuvens acústicas no teto.

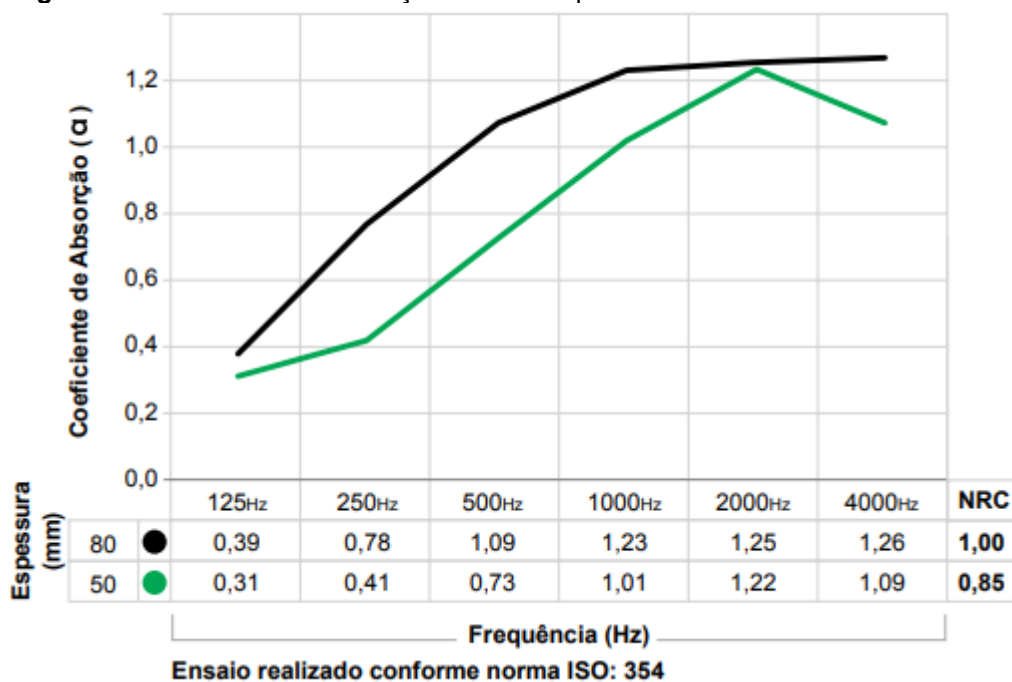
Para atender à necessidade observada no capítulo 5 de aumentar a absorção das salas de aula, especificou-se as Nuvens Sonex illtec, que possuem elevado desempenho acústico. Já para os auditórios, foram especificadas as Nuvem Decor IR50 redonda, cujos valores de absorção são menores que a da Illtec e não tornam esses espaços muito absorventes. Na biblioteca, não se especificou nenhum material novo, tendo em vista a elevada absorção na condição atual. O Quadro 30 apresenta as placas e as quantidades especificadas para cada espaço, enquanto que as figuras Figura 30 e Figura 31 mostram seus coeficientes de absorção.

Quadro 30 - Materiais especificados para o condicionamento acústico.

Ambiente	Material e Fabricante	Figura Esquemática	Especificação	Quantidade	Aplicação
Sala de aula 14	Nuvens Sonex illtec - Sonex		Dimensões 1,2x0,6m, cor natural cinza claro, espessura de 50 mm	6 placas	Teto das salas de aula e da biblioteca
Sala de aula 12/17				12 placas	
Sala de aula 13/15				12 placas	
Biblioteca				40 placas	
Miniauditório	Nuvem Decor IR50 redonda - Trisoft		Diâmetro de 1,2m, nas cores verde e branco, espessura de 50mm	15 placas	Teto dos auditórios
Auditório				30 placas	

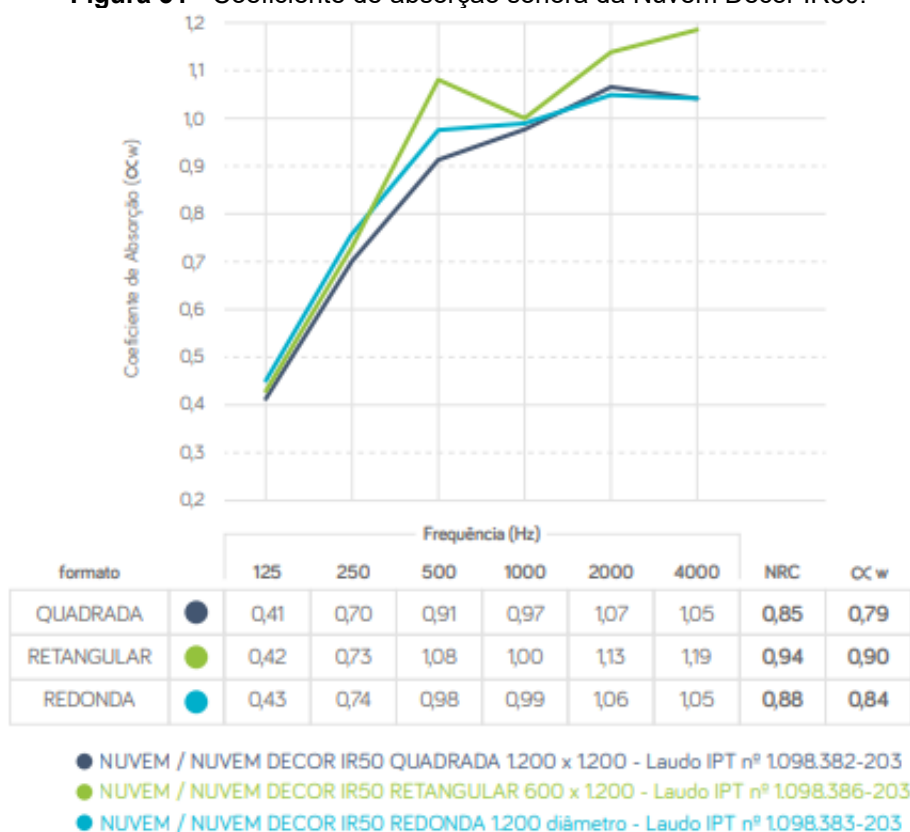
Fonte: O autor, 2023.

Figura 30 - Coeficiente de absorção sonora da placa acústica SONEX illtec.



Fonte: SONEX, [s.d.].

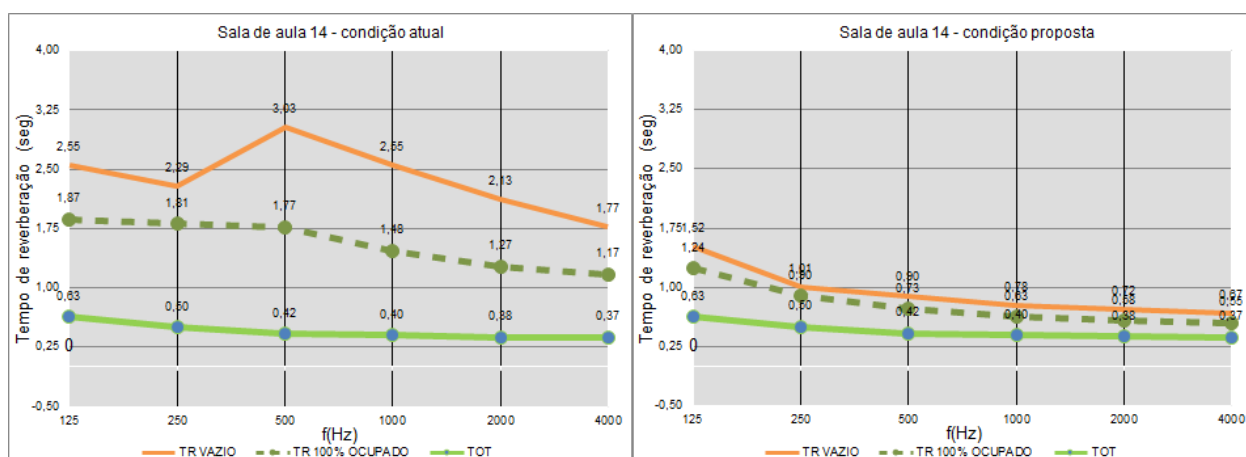
Figura 31 - Coeficiente de absorção sonora da Nuvem Decor IR50.



Fonte: TRISOFT, 2020.

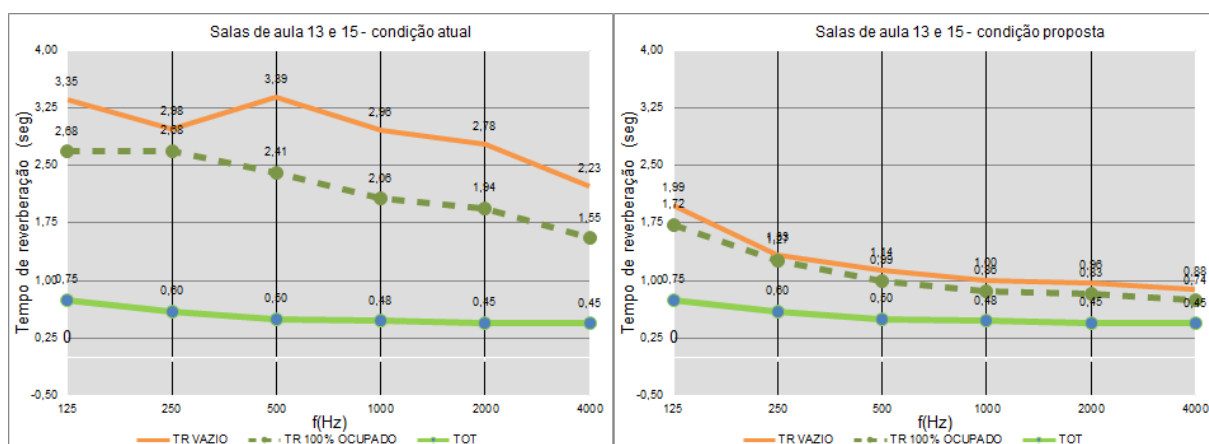
Dessa forma, com as soluções descritas neste capítulo para o condicionamento dos espaços do NAEA, determinou-se o novo tempo de reverberação alcançado para as salas de aula, os auditórios e a biblioteca. Na sequência, são apresentadas figuras comparando os resultados na condição atual e após as propostas.

Figura 32 - Comparação do tempo de reverberação da sala de aula 14.



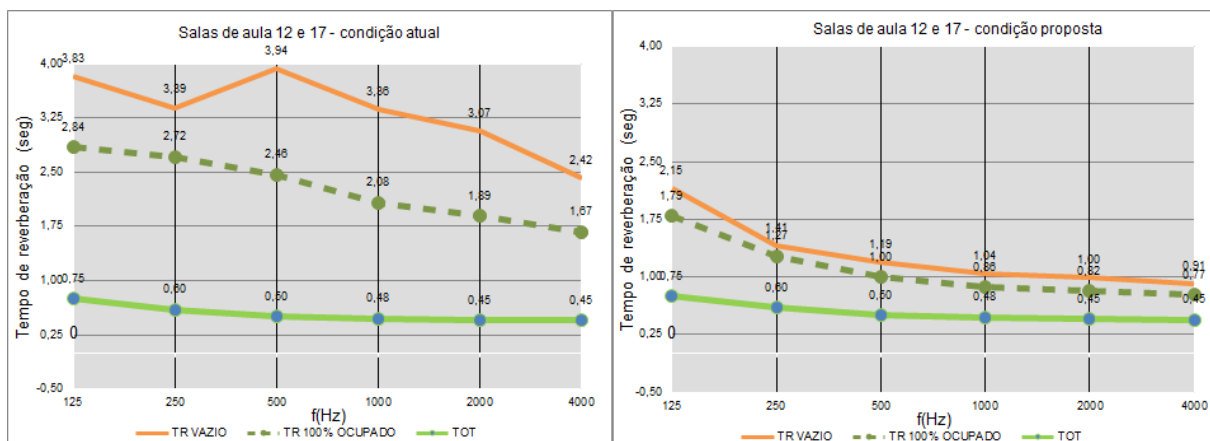
Fonte: O autor, 2023.

Figura 33 - Comparação do tempo de reverberação das salas de aula 13 e 15.



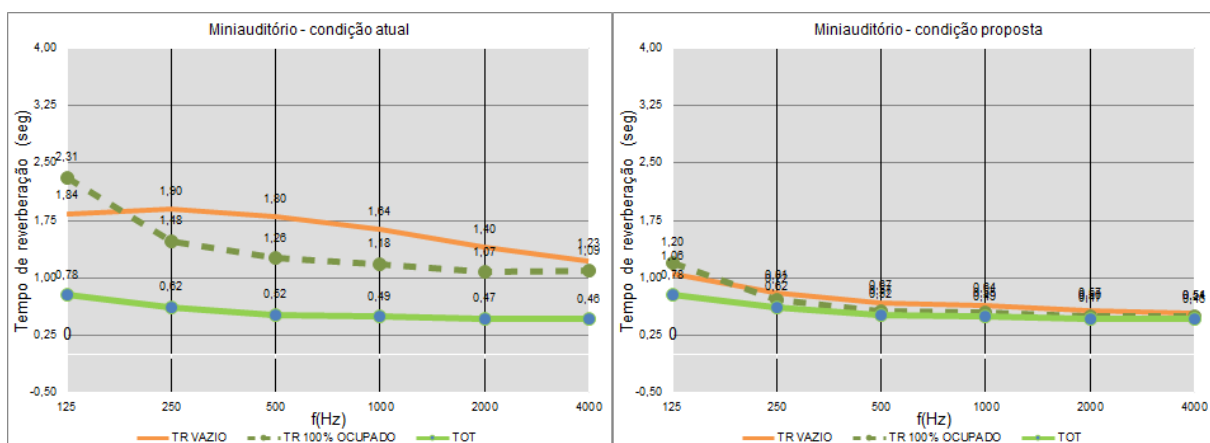
Fonte: O autor, 2023.

Figura 34 - Comparação do tempo de reverberação das salas de aula 12 e 17.



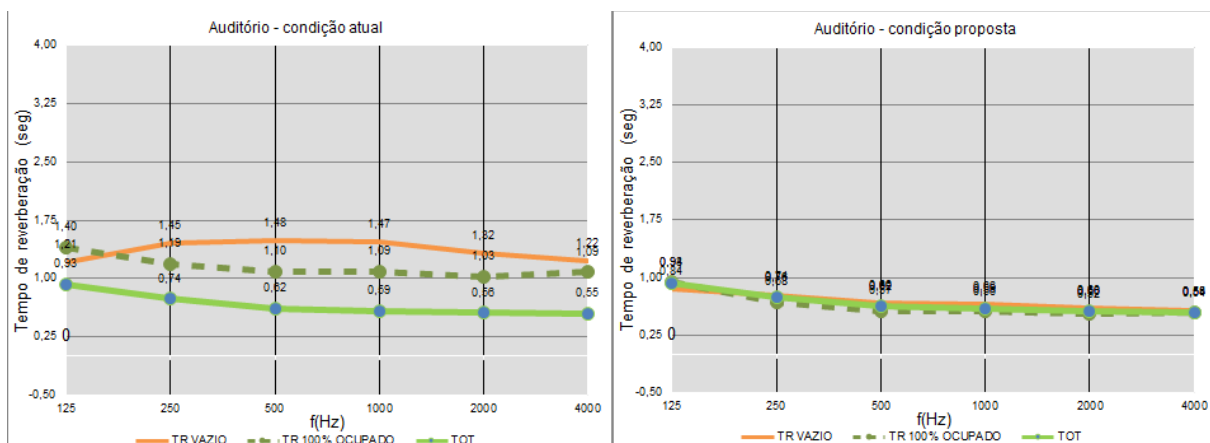
Fonte: O autor, 2023.

Figura 35 - Comparação do tempo de reverberação do miniauditório.



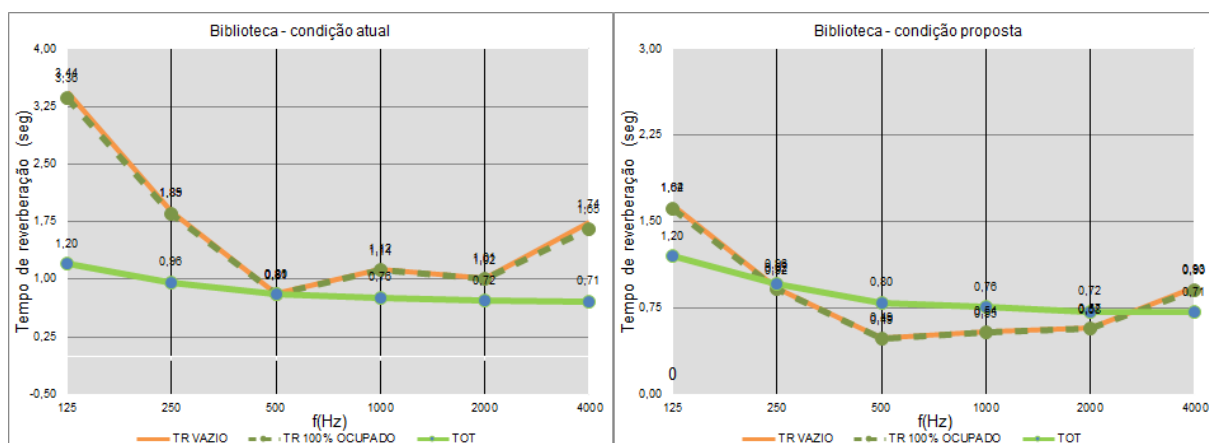
Fonte: O autor, 2023.

Figura 36 - Comparação do tempo de reverberação do auditório.



Fonte: O autor, 2023.

Figura 37 - Comparação do tempo de reverberação da biblioteca.



Fonte: O autor, 2023.

Seguindo a mesma metodologia aplicada para avaliar o condicionamento na situação atual, faz-se uma comparação entre o tempo ótimo de reverberação e o novo TR encontrado após as intervenções, conforme a Tabela 9.

Tabela 9 - Diferença entre o tempo de reverberação na condição proposta e o tempo ótimo.

Condição	Ambiente	Frequências (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
TR-TOT (0%)	Sala de aula 14	0,89	0,50	0,48	0,38	0,34	0,29
	Sala de aula 12/17	1,40	0,81	0,69	0,57	0,55	0,46
	Sala de aula 13/15	1,24	0,73	0,64	0,52	0,51	0,43
	Miniauditório	0,28	0,19	0,15	0,14	0,10	0,08
	Auditório	-0,09	0,02	0,04	0,07	0,04	0,03
	Biblioteca	0,44	-0,04	-0,31	-0,21	-0,14	0,22
TR-TOT (100%)	Sala de aula 14	0,61	0,39	0,31	0,23	0,20	0,18
	Sala de aula 12/17	1,04	0,67	0,50	0,39	0,37	0,32
	Sala de aula 13/15	0,97	0,67	0,49	0,39	0,38	0,30
	Miniauditório	0,42	0,10	0,05	0,05	0,03	0,05
	Auditório	0,01	-0,06	-0,05	-0,03	-0,03	-0,01
	Biblioteca	0,42	-0,04	-0,31	-0,22	-0,15	0,19

Legenda:
■ TR-TOT excelente: entre 0 a 0,51 segundos.
■ TR-TOT bom: entre 0,51 a 1,51 segundos.
■ TR-TOT aceitável: entre 1,51 a 2,51 segundos.
■ TR-TOT ruim: acima de 2,51 segundos.

Fonte: O autor, 2024.

A tabela anterior mostra que, para todas as condições analisadas (com ocupação máxima ou sem ocupação), a diferença entre o tempo de reverberação e o tempo ótimo é excelente ou boa para todos os ambientes estudados. Conforme a tabela, o ambiente é considerado bom quanto a reverberação quando a diferença do

TR e o TOT é menor que 1,51 segundos e, além disso, valores abaixo de 0,51 segundos são considerados excelentes.

A aplicação das nuvens acústicas nas salas de aula aproximou o tempo de reverberação ao tempo ótimo para esse tipo de ambiente. Nos cenários onde não há ocupação na sala, os valores dessa diferença variaram entre 0,46 e 1,40 segundos nas salas 12 e 17; 0,43 e 1,24 segundos nas salas 13 e 15; e 0,29 e 0,89 segundos para a configuração da sala de aula 14. Os resultados são ainda melhores para o cenário totalmente ocupado, onde os estudantes e o educador atuam também como absorvedores sonoros, com a diferença do TR e do TOT variando entre 0,32 e 1,04 segundos nas salas 12 e 17; 0,30 e 0,97 segundos nas salas 13 e 15; e 0,18 e 0,61 na sala 14.

Tanto no auditório quanto no miniauditório, a diferença entre o TR e o TOT ficou abaixo dos 0,51 segundos em ambos os cenários de ocupação analisados. No maior auditório, a reverberação da proposta aproximou-se significativamente da real, com no máximo 0,09 segundos de diferença no caso menos favorável. Para o miniauditório, a variação entre TR e o TOT ficou entre 0,03 e 0,42 segundos com a ocupação máxima. Dessa forma, foi possível alcançar resultados excelentes a partir da aplicação das nuvens acústicas.

Os valores da diferença do tempo de reverberação proposto e ótimo da biblioteca também ficaram abaixo dos 0,51 segundos em todas as frequências em ambos cenários de ocupação, variando entre -0,31 e 0,44 segundos. O valor negativo indica que a sala é bastante absorvente. Contudo essa absorção não é prejudicial neste caso devido a função da sala (biblioteca de leitura silenciosa). O espaço não encoraja conversas nem grupos, o que reduz a necessidade de uma ambiência sonora viva, logo o TR mais baixo favorece o silêncio e a concentração. Além disso, o grande volume de estantes de livros auxilia na difusão e absorção sonora, naturalmente suavizando a acústica mesmo com TR baixo.

Esta tabela revela que os ambientes possuem reverberação boa ou excelente em função de suas atividades e volume, admitindo uma diferença menor que 1,51 segundo entre o tempo proposto e tempo ótimo de reverberação. Com o aumento da absorção nas salas de aula e nos auditórios e a consequente redução do tempo de reverberação, espera-se a melhora na capacidade de compreensão e da

inteligibilidade da fala. As figuras 38, 39 e 40 mostram a aplicação das nuvens acústicas nas salas.

Figura 38 – Aplicação das nuvens acústicas na sala de aula 14.



Fonte: O autor, 2023.

Figura 39 – Aplicação dos forros nas salas de aulas maiores.



Fonte: O autor, 2023.

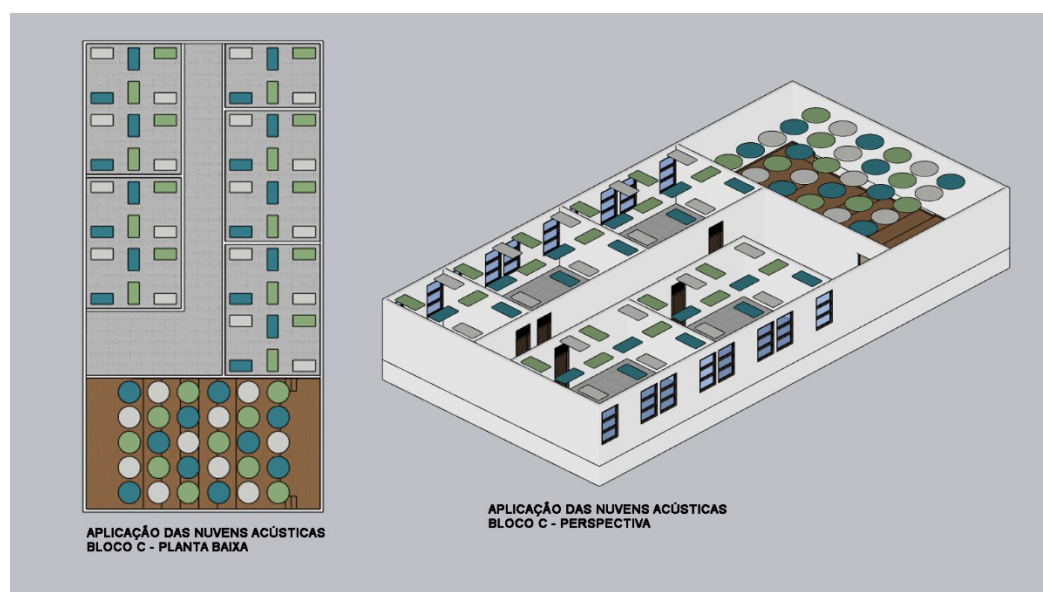
Figura 40 – Aplicação dos forros no auditório.



Fonte: O autor, 2023.

A aplicação das nuvens e das placas acústicas no bloco C podem ser vistas na Figura 41. Os detalhes e os dimensionamento de projeto são apresentados no apêndice A.

Figura 41 – Aplicação dos forros no SketchUp.



Fonte: O autor, 2023.

Quanto ao isolamento, o estudo mostrou que, na condição atual, o auditório principal já apresenta um valor de nível de pressão sonora adequado segundo os critérios da ABNT NBR 10152:2017. Como medida para reforçar o isolamento acústico, propõe-se a substituição das portas de vidro por portas acústicas nos auditórios. Especificou-se a Porta Acústica Maresias PIA-C4 da fabricante Multidoor (Figura 42), com largura de folha igual a 1,20 m e altura de 2,10 m.

Figura 42 - Porta Multidoor Maresias PIA-C4 Acústica.



Fonte: Multidoor, 2024.

As informações referentes ao desempenho acústico da porta selecionada são apresentadas na sequência, organizadas no Quadro 31.

Quadro 31 – Ficha técnica da Porta Multidoor Maresias PIA-C4 Acústica.

Especificação	Descrição
Redução sonora	33 a 36 dB
Tráfego de uso	Extremo: 500.000 ciclos de abertura e fechamento
Vida útil de projeto	30 anos – estimativa para condição normal de uso e manutenção
Tipologia	Giro – 1 folha
Acabamento da folha	Laminado melaminico CPL (HDF BP)
Altura da folha (mm)	2100
Largura da folha (mm)	1200
Massa da folha (Kg/m ²)	Pesada (P2) – de 25,00 a 29,99

Fonte: Multidoor, 2024.

A aplicação das nuvens acústicas é uma estratégia de qualificação espacial que melhora o desempenho técnico na redução do tempo de reverberação do NAEA e contribui para o conforto dos usuários tanto no sentido do conforto quanto no desempenho pedagógico. Por meio da intervenção acústica, a qualidade dos ambientes é aprimorada pela eficiência sonora e pela composição estética e espacial.

A introdução de nuvens acústicas nas salas promove mudanças na percepção volumétrica, gerando uma sensação de escala mais humana que tornam os espaços menos monótonos e mais confortáveis. O uso de cores diferentes, a variação na rotação das placas e as diferenças de alturas permitem a criação de um ritmo e dinamismo no teto, quebrando a uniformidade do acabamento original.

Dessa forma, o tratamento acústico é capaz de valorizar os ambientes do NAEA e, por consequência, o prédio como um todo. A estratégia apresentada combina desempenho técnico e intenção arquitetônica, reforçando o papel da arquitetura de mediador entre soluções tecnológicas e experiência humana, que permite criar ambientes mais acolhedoras e eficientes.

7 CONCLUSÕES

O trabalho é um Estudo de Caso, que traz o Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA), edifício de pós-graduação da Universidade Federal do Pará, como objeto principal. O objetivo do trabalho é avaliar a construção no estado atual e, partindo da metodologia da INI-C, classificar a eficiência energética dos três principais sistemas – envoltória, iluminação e ar-condicionado – para que possam ser propostas reformas visando a redução do consumo energético. A qualidade e conforto do edifício quanto a acústica também é avaliada. As propostas pretendem melhorar a qualidade térmica, visual e acústica da construção.

A Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas possibilita a avaliação do edifício por meio do método simplificado ou de simulação. Neste trabalho, optou-se pelo método de simulação, fazendo uso dos softwares *SketchUp*, *OpenStudio* e *EnergyPlus* para encontrar os consumos finais por uso dos sistemas individuais e a carga térmica total anual.

Para a avaliação acústica, o trabalho fundamentou-se nos cálculos de tempo de reverberação pela fórmula de Eyring e na adequação a ABNT NBR 10151:2017 para avaliar o nível de pressão interna e isolamento do auditório principal.

Antes do início das análises, dividiu-se o prédio em três blocos de acordo com a forma e as atividades exercidas em cada um. Seguindo os procedimentos especificados na INI-C, descobriu-se a eficiência dos sistemas individuais. O estudo conclui que a envoltória de todos os blocos alcança classificação de nível A. O sistema de ar condicionado apresentou resultados distintos em todos os blocos devido a variedade de máquinas encontrada na edificação, sendo nível B no bloco de sala de aulas, D no bloco central, e C no bloco da biblioteca. Quanto ao sistema de iluminação, o pior cenário encontrado foi o do bloco da biblioteca, com classificação de nível C, enquanto que os demais atingiram classificação B.

Diante dos resultados encontrados, foram feitas sugestões de medidas de melhoria de eficiência energética, incluindo a substituição da cobertura, a adoção de brises nas fachadas norte e sul, a troca dos vidros, a reorganização dos acionamentos, a instalação de sensores de presença em ambientes de permanência temporária, a

substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, a substituição dos aparelhos de condicionamento de ar e o isolamento térmico das tubulações.

A semelhança estrutural, construtiva e funcional do edifício do NAEA em relação a outros prédios da Universidade Federal do Pará torna os resultados deste estudo relevantes para além do objeto específico analisado. As avaliações realizadas e as propostas de melhoria apresentadas podem servir como referência para diagnósticos e intervenções em edificações com características semelhantes dentro da instituição, contribuindo para uma gestão mais eficiente dos recursos e para a promoção de ambientes mais confortáveis e sustentáveis em escala institucional.

O estudo relevou que, ainda que o edifício alcançasse resultados bons de envoltória, segundo os critérios da INI-C, ainda é possível reduzir a carga térmica do prédio com poucas intervenções. Em relação aos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, observou-se que a substituição de lâmpadas e das evaporadoras pode gerar uma redução significativa no consumo energético. Além da economia obtida a longo prazo, essas soluções contribuem para a melhoria do conforto dos usuários e para a valorização do patrimônio público e educacional.

Em adição, o trabalho avaliou a qualidade acústica das salas de aula, dos auditórios e da biblioteca. No primeiro momento, os espaços foram avaliados na condição atual, verificando se a reverberação era adequada. Em seguida, também foi feita a avaliação do nível de pressão sonora interna do auditório para estudo do isolamento. Após comprovação de que os espaços não se adequavam aos critérios encontrados na literatura, foram propostas medidas visando a melhoria do desempenho acústico para os objetos de estudo.

A solução das nuvens e dos painéis acústicos mostrou-se adequada para a redução do tempo de reverberação nas salas de aulas e nos auditórios analisados, contribuindo para a melhoria da inteligibilidade da fala e do conforto acústico. Essas medidas, aliadas à proposta de substituição de portas comuns por portas acústicas no auditório, visam minimizar a interferência de ruídos externos durante atividades acadêmicas. As intervenções sugeridas são de aplicação viável e de impacto significativo.

Dessa forma, o objetivo geral de propor melhorias de eficiência energética e de conforto acústico visando atender os critérios da INI-C e da ABNT NBR 10152:2017 dos usuários foi atendido. Os objetivos específicos de avaliação dos sistemas

individuais de envoltória, ar condicionado e iluminação. O objetivo de realizar simulações computacionais para determinação do consumo total anual e da carga térmica também foi concluído. Por fim, o objetivo de avaliar a acústica e propor soluções para os ambientes especificados foi cumprido.

7.1 Limitações da pesquisa

As agendas de ocupação, de uso dos equipamentos elétricos e de iluminação obtidas durante a etapa de levantamento podem apresentar certas divergências quando comparadas com o uso real. Isso provoca diferentes resultados de consumos de eletricidade do prédio real quando comparado com o modelo simulado. Portanto, as agendas utilizadas no trabalho foram padronizadas conforme o uso de cada sala.

7.2 Contribuição para a teoria

O trabalho apresenta a aplicação da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) pelo método de simulação computacional com uso dos *softwares SketchUp, OpenStudio e EnergyPlus* para uma edificação de uso mistos, com atividades escolares e de escritório.

Por se tratar de uma normativa relativamente recente, ainda se observa uma escassez de trabalhos que detalham os procedimentos a serem seguidos para uma avaliação completa dos sistemas de uma edificação. Também se percebeu uma dificuldade de encontrar trabalhos especificamente voltados para a Zona Bioclimática 8. Por este motivo, optou-se por detalhar todas as etapas a serem seguidas para a simulação computacional e utilização dos dados de saída para determinação da etiqueta.

Este estudo apresenta um prédio de características construtivas e forma comuns à Universidade Federal do Pará, podendo ser usado como referência para trabalhos futuros em outros prédios do campus do Guamá.

7.3 Contribuição para a prática

Com esse estudo espera-se ter contribuído com um exemplo do uso do método de simulação para a avaliação de eficiência energética em um prédio de funções mistas, divididos em blocos, na Zona Bioclimática 8.

Considerando que a estrutura do NAEA é semelhante à de outros edifícios da Universidade Federal do Pará, este trabalho pode servir como referência metodológica e comparativa para futuras avaliações em edificações com características semelhantes. A replicação desse tipo de diagnóstico em outros prédios da universidade pode favorecer a construção de um panorama mais amplo sobre o desempenho energético do campus, além de estimular ações de melhoria e requalificação dos espaços, com foco na sustentabilidade e no conforto ambiental.

7.4 Sugestão de novas pesquisas

Refazer a pesquisa pelo método simplificado para comparar os resultados de consumo, carga térmica e as classificações encontradas.

Fazer um estudo comparativo com outras edificações escolares que pertençam a mesma zona bioclimática para identificar os padrões nos perfis de consumo energético dos sistemas.

Avaliar a viabilidade técnica e econômica da implementação de sistemas fotovoltaicos para suprimento parcial ou total da demanda energética do edifício.

Estudar o tempo de retorno financeiro das intervenções sugeridas, como troca de equipamentos, instalação de sensores, melhorias construtivas e uso de energias renováveis, de modo a embasar decisões administrativas com dados de custo-benefício

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – IEA. NET ZERO BY 2050. **Relatório**. Paris, 2021. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>>. Acesso em: 23 mai. 2023.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – IEA. BUILDINGS. **Relatório**. Paris, 2022. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/buildings>>. Acesso em: 23 mai. 2023.

ALTOÉ, Leandra; COSTA, José Márcio, FILHO, Delly Oliveira; MARTINEZ, Francisco Javier Rey; FERRAREZ, Adriano Henrique; VIANA, Lucas de Arruda. **Políticas públicas de incentivo à eficiência energética**. Dilemas ambientais e fronteiras do conhecimento II • Estud. av. 31 (89) • Jan-Apr 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10152:2017**: Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-1:2005**: Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações: Parte 2 – Componentes e elementos construtivos das edificações — Resistência e transmitância térmica — Métodos de cálculo (ISO 6946:2017 MOD). Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-3:2013**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados - Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

BARROS, Vitor. Curso de Especialização em Conforto Ambiental e Eficiência Energética inicia atividades. **PROPESP**, UFPA, Belém, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.propesp.ufpa.br/index.php/noticias/747-curso-de-especializacao-em-conforto-ambiental-e-eficiencia-energetica-inicia-atividades>>. Acesso em: 16 jan. 2024.

BERNARDO, André. 30 anos da Rio-92: o legado da 'maior conferência ecológica de todos os tempos'. **BBC Brasil**, 11 jun. 2022. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-61752243>>. Acesso em: 19 jan. 2024.

BISTAFA, Sylvio Reynaldo. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2ª edição revista. São Paulo: Blucher, 2011.

BITAR, Mariangela Lopes; SOBRINHO, Luiz Ferreira Calaço, SIMÕES-ZENARI, Marcia. **Ações para a melhoria do conforto acústico em instituições de educação infantil**. Revista Ciência & Saúde Coletiva. 23 (1) • Jan 2018.

CB3E. **Novo método de avaliação energética de edificações com base em energia primária**. Disponível em: <<https://cb3e.ufsc.br/etiquetagem/desenvolvimento/atividades-2012-2016/trabalho-1/pesquisas#:~:text=Assim%2C%20a%20nova%20proposta%20para,classe%20D%20de%20efici%C3%Aancia%20energ%C3%A9tica>>. Acesso em: 16 jan. 2024.

COX, Trevor J.; D'ANTONIO, Peter. **Acoustic Absorbers and Diffusers, theory, design and application**. 2a edição, Oxônia e Nova Iorque: Taylor & Francis, 2009.

ELI, Letícia Gabriela *et al.* **Manual de simulação computacional de edifícios com o uso do objeto Ground Domain no programa Energyplus – Versão 9.0.1**. Florianópolis: LabEEE, 2019.

DALVITE, Bárbara; OLIVEIRA, Dienifer; NUNES, Giovana; PERIUS, Mariane; SCHERER, Minéia Johann. **Análise do Conforto Acústico, Térmico e Lumínico em Escolas da Rede Pública de Santa Maria, RS**. Disc. Scientia. Série: Artes, Letras e Comunicação, S. Maria, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2007.

DIAS, João Pedro dos Santos Albersheim. **O papel da regulamentação do mercado de carbono brasileiro metas climáticas e atuação na agenda do clima**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Relações Internacionais) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023

DIAS, Fernanda Abalen Martins; SANTOS, Bárbara Alves dos; MARIANO, Hully Cecília. **Níveis de pressão sonora em salas de aula de uma Universidade e seus efeitos em alunos e professores**. CoDAS, vol.31, n4, e20180093, 2019.

DOE-Departamento de Energia dos Estados Unidos. **EnergyPlus**. [20--b]. Disponível em: <<https://energyplus.net>>. Acesso em: 23 jun. 2023.

DOE-Departamento de Energia dos Estados Unidos. **OpenStudio®**. [20--a]. Disponível em: <<https://openstudio.net/>>. Acesso em: 23 jun. 2023.

FERNANDES, Renata Adams; VIDOR, Deisi Cristina Gollo Marques; OLIVEIRA, Alcyr Alves de. **The effect of noise on attention and performance in reading and writing tasks**. CoDAS, vol.31, n4, e20170241, 2019.

GAIDA, Claudia Rogeria. **Caracterização das condições acústicas de salas de aulas destinadas ao ensino da música na educação básica**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

GERGES, Samir Nagi Yousri. **Ruído Fundamento e Controle**. 2ª ed. Florianópolis: NR Editora, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Portaria nº 248, de 10 de julho de 2018. Consulta Pública da INI-C: Instrução Normativa INMETRO para a Classe de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Aperfeiçoamento do RTQ-C: Regulamento Técnico da Qualidade para a Classe de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. São Paulo, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Portaria nº 309, de 6 de setembro de 2022. Aprova as Instruções Normativas e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas e Residenciais - Consolidado. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 set. 2022.

KLAVDIANOS, Dionyzio Antonio Martins. **Manual ProAcústica de Acústica Básica**. 1ª ed. São Paulo: ProAcústica Associação Brasileira para a Qualidade Acústica, 2019.

KUBO, K. G. **A influência das variáveis do Design Day, consideradas na simulação com o EnergyPlus e desconsideradas pela NBR 15575/2013, nos resultados de desempenho térmico de edificações**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.; **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LEITE, Ellen Flávia Weis; HACKENBERG, Ana Mirthes. **Eficiência energética de envoltória: comparação dos métodos de avaliação RTQ-C e INI-C através de estudo de caso**. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 9, n. esp , p. 532-552, fev. 2020.

LUCENA, Tamiris Madeiros. **Ruído no contexto ensino aprendizagem: uma revisão da literatura**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Psicopedagogia) – Universidade Federal do Paraíba, João Pessoa, PB, 2017.

MAHL, Ana Luiza. **Avaliação de inteligibilidade da fala em salas de aula utilizando aurilizações simuladas**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2022.

MADEIROS, Helder Gattoni. **Método simplificado de avaliação do conforto térmico para ambientes ventilados naturalmente ou híbridos do INI-C: desempenho e limitações**

MAGANINHO, João Filipe de Oliveira. **Aplicação da metodologia multi-critério à qualidade acústica de bibliotecas públicas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2009.

MELO, Ana Paula; WESTPHAL, Fernando Simon; MATOS, Michele. **Apostila do Curso Básico do Programa EnergyPlus**. Florianópolis: LabEEE, 2009.

MENDES, Nathan; WESTPHAL, Fernando Simon; LAMBERTS, Roberto; CUNHA NETO, José A. Bellini da; **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68, out./dez. 2005.

MIYAKE, Rafael. Campanha “É da nossa conta” reforça a importância do uso racional de energia na UFPA. **UFPA**, Belém, 2 out. 2019. Disponível em: <<https://ufpa.br/campanha-e-da-nossa-conta-reforca-a-importancia-do-uso-razional-de-energia-na-ufpa/>>. Acesso em: 16 jan. 2024.

MOREIRA, Sílvia Maria Bitar de Lima. **Ciência e educação superior na Amazônia: trajetória e contribuição do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará**. Editora NAEA, Belém, p. 257, 2018.

NAEA-Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. **Apresentação**. 2019. Disponível em: <<https://www.naea.ufpa.br/index.php/institucional-apresentacao>>. Acesso em: 4 jun. 2023.

OLIVEIRA, Wagner Costa. **Eficiência Energética em Edifícios Públicos no Sul do Brasil: Aplicação do Método do RTQ-C em Obras Licitadas pelas IFES**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, p. 154, 2018.

O COMETA DE SOZIN PARTE 2 – OS VELHOS MESTRES (temporada 3, ep. 1). Avatar: A Lenda de Aang [Animação]. Direção: Giancarlo Volpe. Estados Unidos: Nickelodeon Productions, 2008. 22 min, son., color.

PIMENTEL, Bruno Pontes; SILVA, Arthur Santos.; BARBOSA, Andréa Teresa Riccio; REIS, Marcelo de Miranda. **Comparação dos métodos simplificado e de simulação propostos no novo regulamento brasileiro de etiquetagem de edificações públicas**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 179-200, out./dez. 2021.

PLANO DE GESTÃO DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL 2019 – PLS. Universidade Federal do Pará – UFPA. **Relatório**. Belém, 2019. Disponível em:

<https://proad.ufpa.br/documentos/dcs/PLS_UFPA_2019_final_novo_APROVADO.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2023.

PROCEL INFO. **O Programa**. Disponível em:
<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD}>> Acesso em: 25 de mai. de 2023.

PROCEL INFO. **PROCEL EDIFICA - Eficiência Energética nas Edificações**.

Disponível em:

<<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>> Acesso em: 25 de mai. de 2023.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. **Relatório**. Nairobi, 2022.

RAMOS, Denilson Riccelli Del-Teto. **Análise de desempenho acústico para biblioteca de planta livre através de simulação computacional acústica**. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018

REIS, Tiago. **Selo Procel Edificações é mais uma ferramenta para a eficiência energética**. Procel Info, 2014. Disponível em:
<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID=%7B8D1AC2E8-F790-4B7E-8DDD-CAF4CDD2BC34%7D¶ms=itemID=%7BF22EAB50-9E65-4500-92CC-C50B26307A7E%7D;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em: 25 jun. 2023.

REIS, Tiago. **Potencial de eficiência energética nas edificações ainda está inexplorado**. [S. l.]: Procel Info, 2022. Disponível em:
<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B8D1AC2E8-F790-4B7E-8DDD-CAF4CDD2BC34%7D&Team=¶ms=itemID=%7BDAC287BE-13F8-4C6E-AB38-02A21E1AA408%7D;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em: 25 jun. 2023.

RESENDE, Lucas Marques; OLIVEIRA, Marcio Barbosa Martins de; FAGUNDES, Fabiano; FERREIRA, Gabriel Alves. Desempenho acústico em edificações residenciais – ainda em 2022, construtoras não se adequaram a aplicação da Norma ABNT-NBR 15575. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, jan./2022.

SERVILHA, Emilse Aparecida Merlin; DELATTI, Marina de Almeida. **Percepção de ruído em sala de aula por estudantes universitários e suas consequências sobre a qualidade do aprendizado**. *Audiol Commun, Res.* 19(2):138-44, 2014.

SONEX. Nuvens, [s.d.]. Diadema: Sonex, [s.d.]. Disponível em:
<<https://plaques.com.br/wp->

content/uploads/2017/06/Placas_Acusticas_Sonex_illtec_Plaques.pdf>. Acesso em> 13 out. 2023.

SORGATO, Marcio José; MELO, Ana Paula; MARINOSKI, Deivis Luís; LAMBERTS, Roberto; Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014.

SOUSA, Franklin Puker de; SILVA, Arthur Santos. **Manual de introdução à simulação do desempenho de edifícios**: um curso para iniciantes no software EnergyPlus. 1ª ed. Campo Grande: PPGEES/FAENG/UFMS, 2021.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luís. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica**. 4.ed. São Carlos: Edufscar, 2012

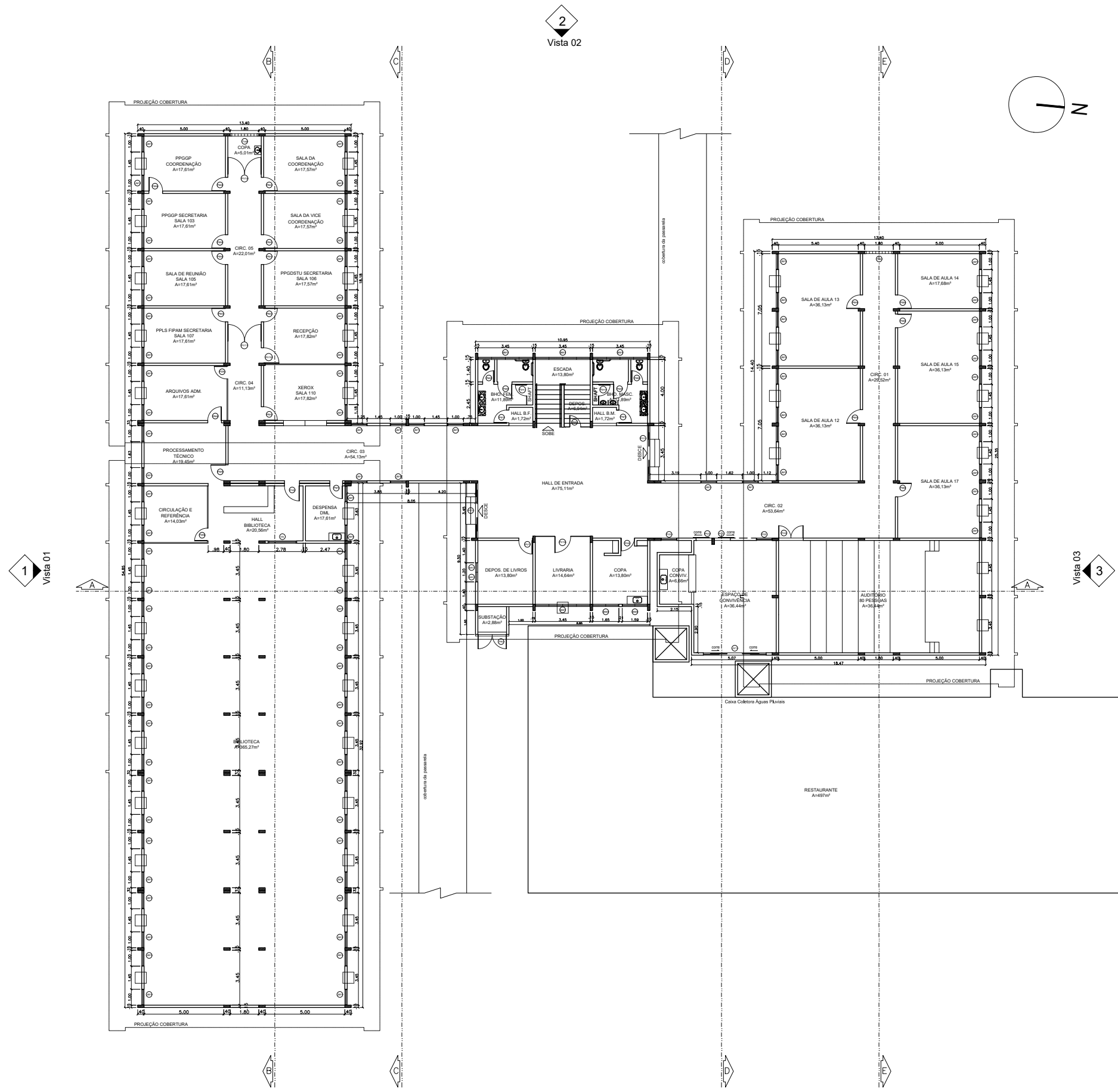
TOKUSUMI, Alisson Takeo Giuliani; FOIATO, Maiara. Análise de desempenho termoacústico de telhas. **Conhecimento em construção**, Joaçaba, v. 6, p. 35-48, 2018/2019.

TRISOFT. **Catálogo Nuvens**, 2020. Itapevi: Trisfot, 2020. 8 p. Disponível em: <<https://emporiodasrepresentacoes.com.br/docs/trisoft/Catálogo%20Nuvens.pdf>>. Acesso em> 13 out. 2023.

Virtual Design and Construction Institute (VDCI). **What is SketchUp?**. Disponível em: <<https://vdc.edu/learn/sketchup/what-is-sketchup>>. San Diego, CA: [s.d.]. Acesso em: 16 jan. 2024.

ZWIRTES, Daniele Petri Zanardo. **Avaliação do desempenho acústico de salas de aula: estudo de caso nas escolas estaduais do Paraná**. 2006. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ANEXO A
Plantas técnicas do NAEA

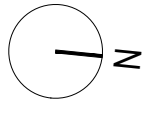


1 Vista 01

2 Vista 02

3 Vista 03

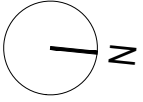
4 Vista 04



PLANTA BAIXA - TÉRREO
esc 1:200

VERSÕES: 01		RESPONSÁVEL: xxxxxxxxxxxxxxxx		MODIFICAÇÃO: xxxxxxxxxxxxxxxx	
DATA: xx/xx/xxxx					
  					
PRINCIPAIS: PLANTA BAIXA (TÉRREO)					
OBRA: Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - UFPA					
PROPRIETÁRIO: Universidade Federal do Pará					
LOCAL DO PROJETO: Belém/PA					
ESCALA: Indicada		COORDENADOR: Profª Dra. Caminda Célia Moura de Moura Carvalho			
DATA: MAR/2022		TÍTULO RESPONSÁVEL: Arq. MSc. Filipe Vasconcelos, Arq. Jackuelline Azevedo, Eng. Bianca Corrêa, Eng. Edilberto Rozal, Ana Sousa, André Moraes, Bernardo Pereira, Danielly Carrera			
					FOLHA: ARQ 01/11

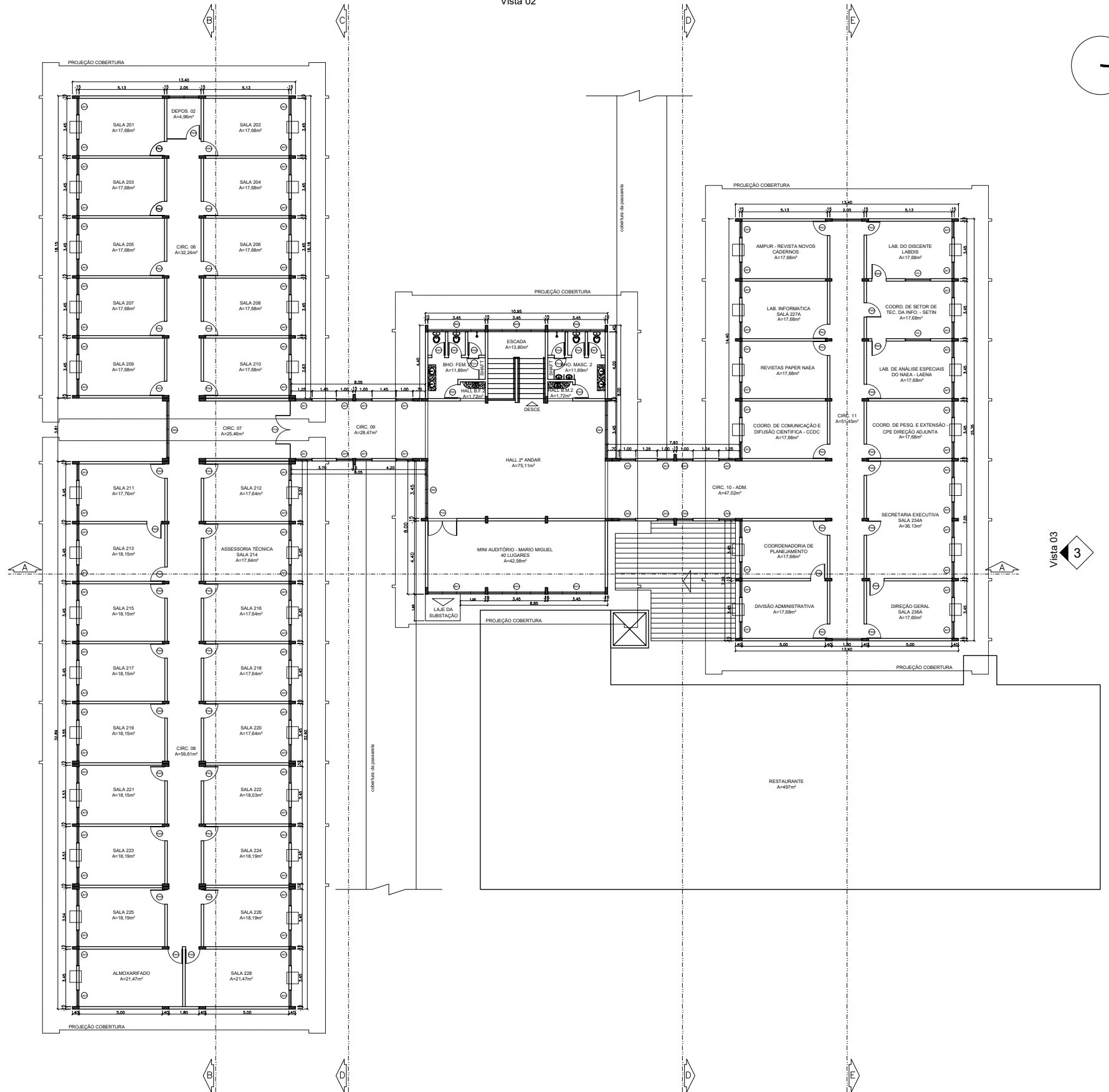
2
Vista 02



1
Vista 01

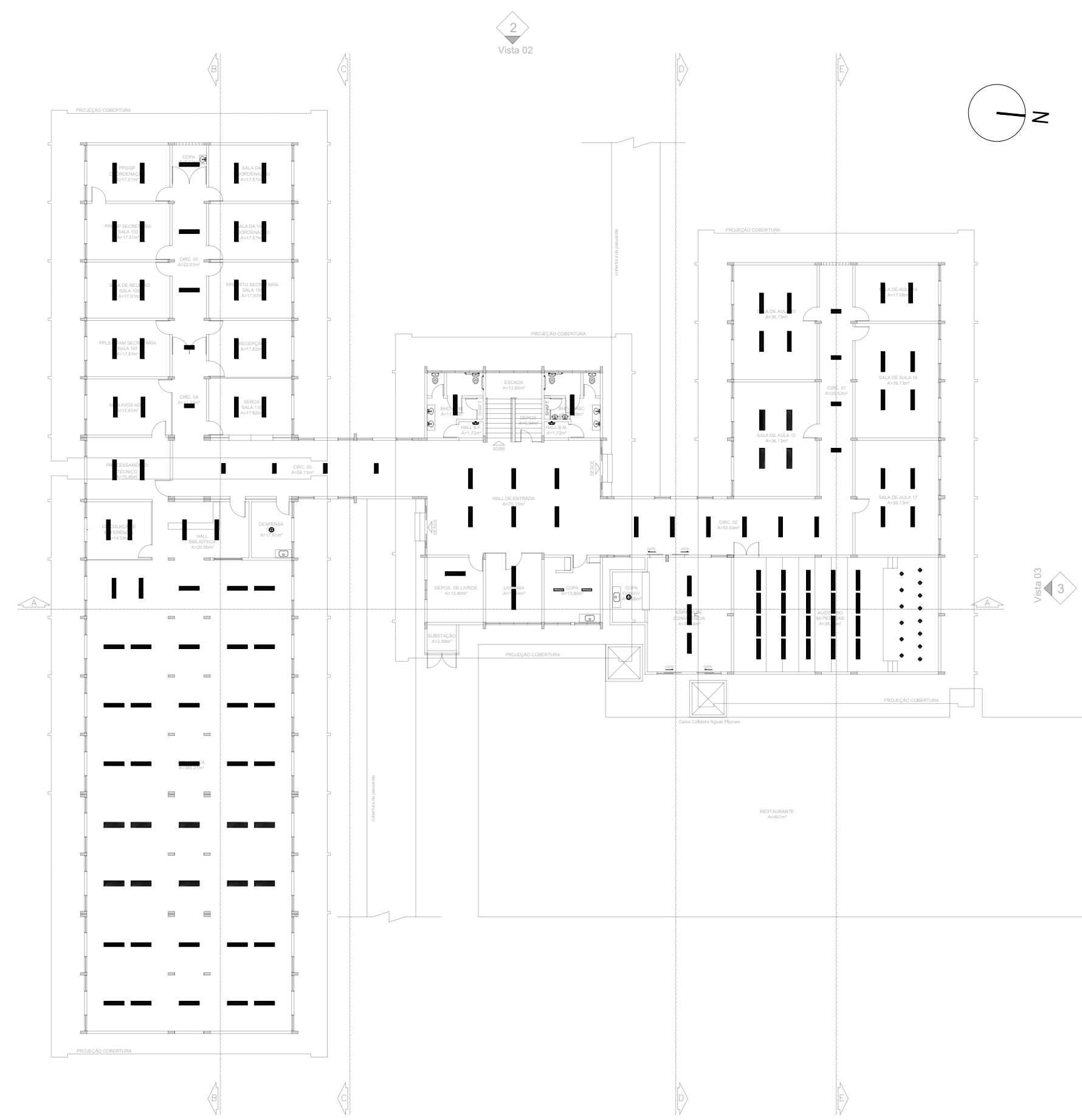
3
Vista 03

4
Vista 04



PLANTA BAIXA - SUPERIOR
esc 1:200

VERSÕES: 01		RESPONSÁVEL: xxxxxxxxxxxxxxxx		MODIFICAÇÃO: xxxxxxxxxxxxxxxx	
DATA: xx/xx/xxxx					
CARGO:					
 CEAMAZON Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia <small>Av. Perimetral, 2651, prédio 1, Guamá, Belém-PA</small>			 INSTITUTO DE GESTÃO ENERGÉTICA		
PRONOME: PLANTA BAIXA (SUPERIOR)					
OBRA: Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - UFPA					
PROPRIETÁRIO: Universidade Federal do Pará					
LOCAL DO PROJETO: Belém/PA					
ESCALA: Indicada		COORDENADORIA: Profª Dra. Carminda Célia Moura de Moura Carvalho			
DATA: MAR/2022		TÍTULO RESPONSÁVEL: Arq. MSc. Filipe Vasconcelos, Arq. Jackuelline Azevedo, Eng. Bianca Corrêa, Eng. Edilberto Rozal, Ana Sousa, André Moraes, Bernardo Pereira, Danielly Carrera			
					FOLHA: ARQ 02 / 11



PLANTA ELÉTRICA - TÉRREO
esc 1:200

LEGENDA				
SÍMBOLO	QUANT	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
	14 PÇ	TIPO 6	LÂMPADA XELUX	32W - 870 lm
	90 PÇ	TIPO 1	DIVERSAS MARCAS DE LÂMPADAS - 120cm LUMINÁRIA PARA 2 LÂMPADAS	18W à 65W - 900 lm à 4100 lm - 4000 K à 6500 K
	10 PÇ	TIPO 3	DIVERSAS MARCAS DE LÂMPADAS - 60cm LUMINÁRIA PARA 2 LÂMPADAS	9W à 10W - 900 lm - 6500 K
	2 PÇ	TIPO 4	LÂMPADA FLUORESCENTE - ESPIRAL	15W - 870 lm - 6500 K
	1 PÇ	TIPO 4	LÂMPADA LED - BULBO	10W - 810 lm - 6500 K
	1 PÇ	TIPO 5	LÂMPADA LED - BULBO - DUPLA	9W - 860 lm - 6500 K
	3 PÇ	TIPO 2	DIVERSAS MARCAS DE LÂMPADAS - 120cm	32W - 2300 lm à 2600 lm - 5000 K à 6400 K
	14 PÇ	TIPO 1	DIVERSAS MARCAS DE LÂMPADAS - 120cm LUMINÁRIA PARA 4 LÂMPADAS	32W - 2300 lm à 2600 lm - 5000 K à 6400 K
	2 PÇ	TIPO 3	DIVERSAS MARCAS DE LÂMPADAS - 60cm LUMINÁRIA PARA 1 LÂMPADA	9W - 900 lm - 6500 K

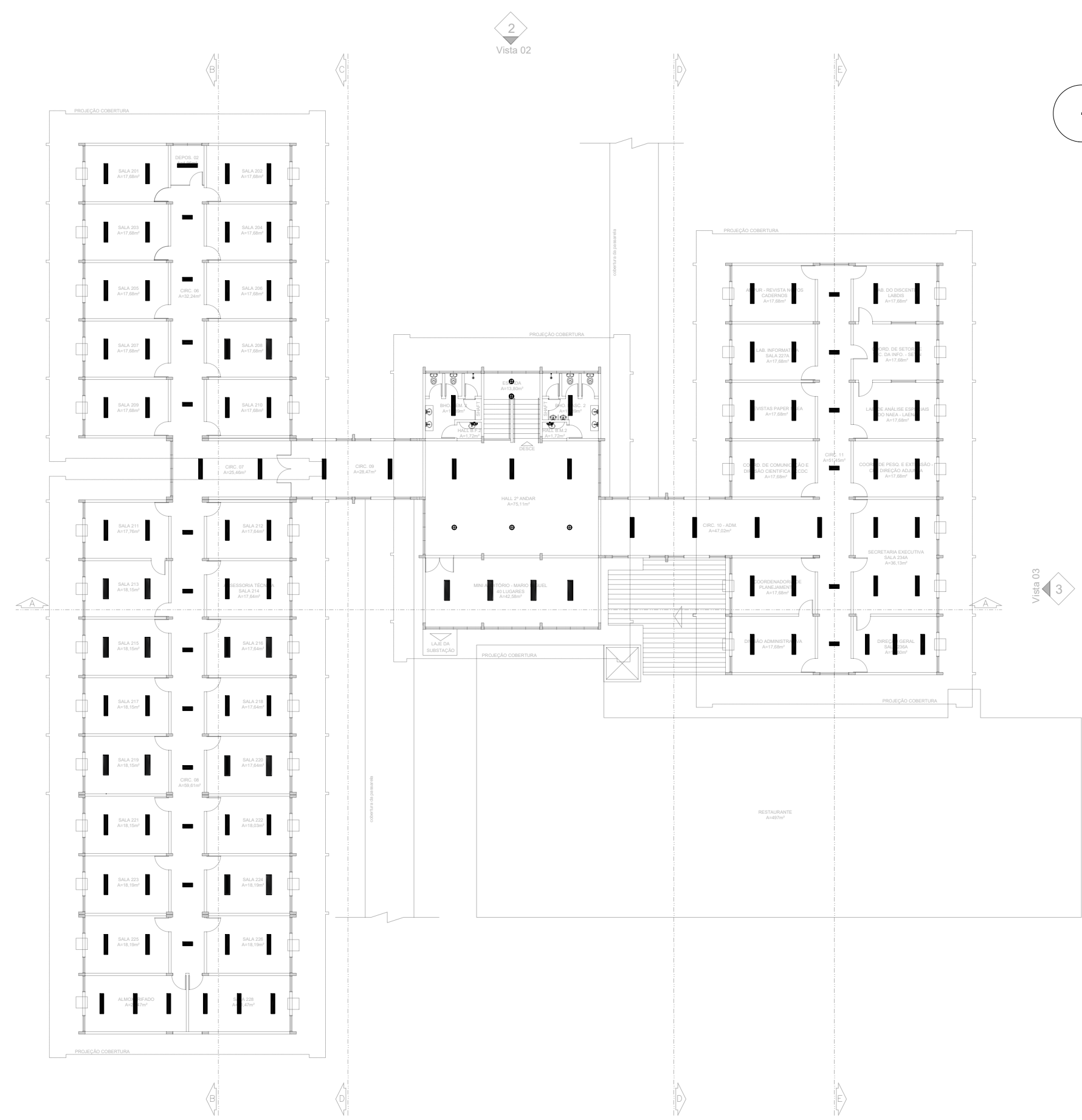
VERSÕES: 01
 DATA: xx/xx/xxxx RESPONSÁVEL: xxxxxxxxxxxxxxxx MODIFICAÇÃO: xxxxxxxxxxxxxxxx

CARREGO

CEAMAZON
Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia
Av. Perimetral, 2651, prédio 1, Guamá, Belém-PA

PROJETO DE GESTÃO ENERGÉTICA

PRONOME: PLANTA ELÉTRICA (TÉRREO) OBRA: Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - UFPA PROPRIETÁRIO: Universidade Federal do Pará LOCAL DO PROJETO: Belém/PA	FOLHA: ENG.E 03 / 11
ESCALA: Indicada DATA: MAR/2022	COORDENADOR: Profª Dra. Carminda Célia Moura de Moura Carvalho TÍTULO RESPONSÁVEL: Arq. MSc. Filipe Vasconcelos, Arq. Jackquelline Azevedo, Eng. Bianca Corrêa, Eng. Edilberto Rozal, Ana Sousa, André Moraes, Bernardo Pereira, Danielly Carrera



PLANTA ELÉTRICA - SUPERIOR
esc 1:200

LEGENDA				
SIMBOLO	QUANT	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
	85 PÇ	TIPO 1	DIVERSAS MARCAS DE LÂMPADAS - 120cm	18W à 65W - 1000 lm à 4100 lm - 4000 K à 6500 K
	18 PÇ	TIPO 3	DIVERSAS MARCAS DE LÂMPADAS - 60cm	9W à 10W - 900 lm - 6500 K
	2 PÇ	TIPO 4	LÂMPADA FLUORESCENTE - ESPIRAL	15W - 870 lm - 6500 K
	3 PÇ	TIPO 4	LÂMPADA LED - BULBO	10W - 810 lm - 6500 K
	2 PÇ	TIPO 5	LÂMPADA FLUORESCENTE - COMPACTA TIPO U	25W - 1525 lm - 1525K
	18 PÇ	TIPO 1	DIVERSAS MARCAS DE LÂMPADAS - 120cm LUMINÁRIA PARA 4 LÂMPADA	18W à 32W - 1000 lm à 2300 lm - 4000 K à 6500 K

VERSÕES: 01
 DATA: xx/xx/xxxx RESPONSÁVEL: xxxxxxxxxxxxxxxx MODIFICAÇÃO: xxxxxxxxxxxxxxxx

CARIMBO



CEAMAZON
Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia
Av. Perimetral, 2651, prédio 1, Guamá, Belém-PA



PROJETO DE GESTÃO ENERGÉTICA

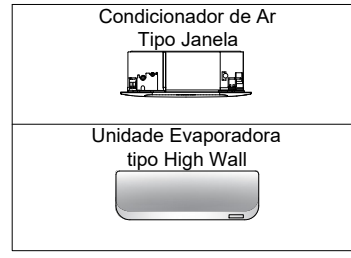
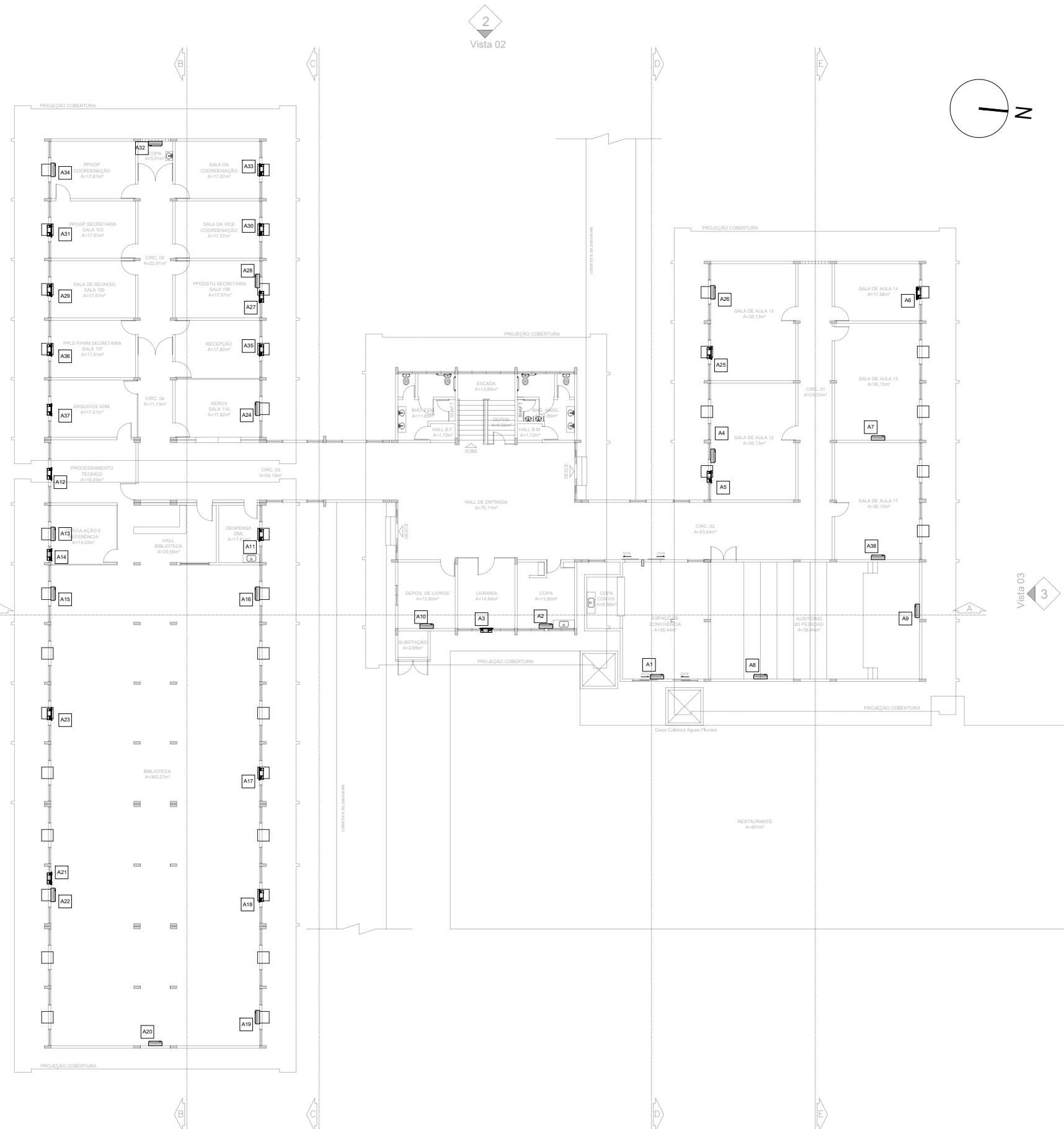


PRINCIPAL: **PLANTA ELÉTRICA (SUPERIOR)**
 OBRA: **Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - UFPA**
 PROPRIETÁRIO: **Universidade Federal do Pará**
 LOCAL DO PROJETO: **Belém/PA**

ESCALA: **Indicada**
 DATA: **MAR/2022**

COORDENADOR: **Profª Dra. Carminda Célia Moura de Moura Carvalho**
 COORDENADOR RESPONSÁVEL: **Arq. MSc. Filipe Vasconcelos, Arq. Jackquelline Azevedo, Eng. Bianca Corrêa, Eng. Edilberto Rozal, Ana Sousa, André Moraes, Bernardo Pereira, Danielly Carrera**

FOLHA: **ENG.E**
04 / 11



LEGENDA

TAG	MARCA	BTU/h	MODELO	VAZÃO (m³/h)	EER/COP
A1	PHILCO	24.000	PAC24000IFM4	1200	3,26
A2	AGRATTO	9.000	ACS9F-02	500	3,39
A3	GREE	12.000	GJ 12-22L/A	450	3,02
A4	GREE	18.000	GWC18MC-D1NNA3C/I	850	3,24
A5	SPRINGER	12.000	SILENTIA 12300	450	3,02
A6	GREE	18.000	GJ 12-22L/A	640	3,02
A7	ELGIN	24.000	SHFI - 24000 -2	1096	3,02
A8	PHILCO	30.000	PAC30000QFM6	1500	3,24
A9	FONTAINE	58.000	FON60INT	2380	3,04
A10	SPRING. MIDEA	18.000	MSE-18CR	800	3,02
A11	SPRINGER	12.000	FCA075BB	450	3,02
A12	LG	12.000	LG GOLD	450	3,02
A13	GREE	12.000	GWC12AAC-D3NNA1D/I	680	3,02
A14	GREE	18.000	GJC18BM-D1MND2A	820	3,02
A15	GREE	36.000	GST36-22L/A	2100	3,24
A16	COMFEE	18.000	42AVCG18F5	810	3,24
A17	SPRINGER	12.000	SILENTIA 12300	450	3,02
A18	CARRIER	12.000	CARRIER	450	3,02
A19	GREE	36.000	GST36-22L/A	2100	3,24
A20	CARRIER	36.000	42ZQA36C5	1450	3,03
A21	GREE	12.000	GJ 12-22L	450	3,02
A22	GREE	36.000	GST36-22L/A	2100	3,24
A23	GREE	18.000	GJC18BM-D1MND2A	820	3,02
A24	FUJITSU	24.000	ASB24A1	1120	3,26
A25	ELGIN	18.000	ELGIN 18000	450	3,02
A26	LG	24.000	STN243FLA	1120	3,26
A27	ELGIN	18.000	ELGIN18000	450	3,02
A28	SAMSUNG	18.000	AR18TRHQCURNAZ	871	3,03
A29	GREE	12.000	GJ 12-22L/A	640	3,02
A30	ELGIN	18.000	ELGIN 18000	450	3,02
A31	ELGIN	18.000	ELGIN 18000	450	3,02
A32	GREE	24.000	GSW24-22L/A	720	3,24
A33	GREE	12.000	GJ 12-22L/A	640	3,02
A34	SPRINGER	22.000	42LUC22S5	1080	3,21
A35	ELGIN	18.000	ELGIN 18000	450	3,02
A36	TOTALINE	12.000	TOTALINE	640	3,02
A37	SPRINGER	12.000	CARRIER INOVARE	640	3,02
A38	GREE	24.000	GWC24QE-D3NNB4B/I	1200	3,24

VERSÕES: 01
 DATA: xx/xx/xxxx RESPONSÁVEL: xxxxxxxxxxxxxxxx MODIFICAÇÃO: xxxxxxxxxxxxxxxx

CARREGO



PROJETO: **PLANTA DE AR-CONDICIONADO (TÉRREO)**

OBRA: **Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - UFPA**

PROPRIETÁRIO: **Universidade Federal do Pará**

LOCAL DO PROJETO: **Belém/PA**

COORDENADOR: **Profª Dra. Carminda Célia Moura de Moura Carvalho**

DESIGNADO: **Arq. MSc. Filipe Vasconcelos, Arq. Jackuelline Azevedo, Eng. Bianca Corrêa, Eng. Edilberto Rozal, Ana Sousa, André Moraes, Bernardo Pereira, Danielly Carrera**

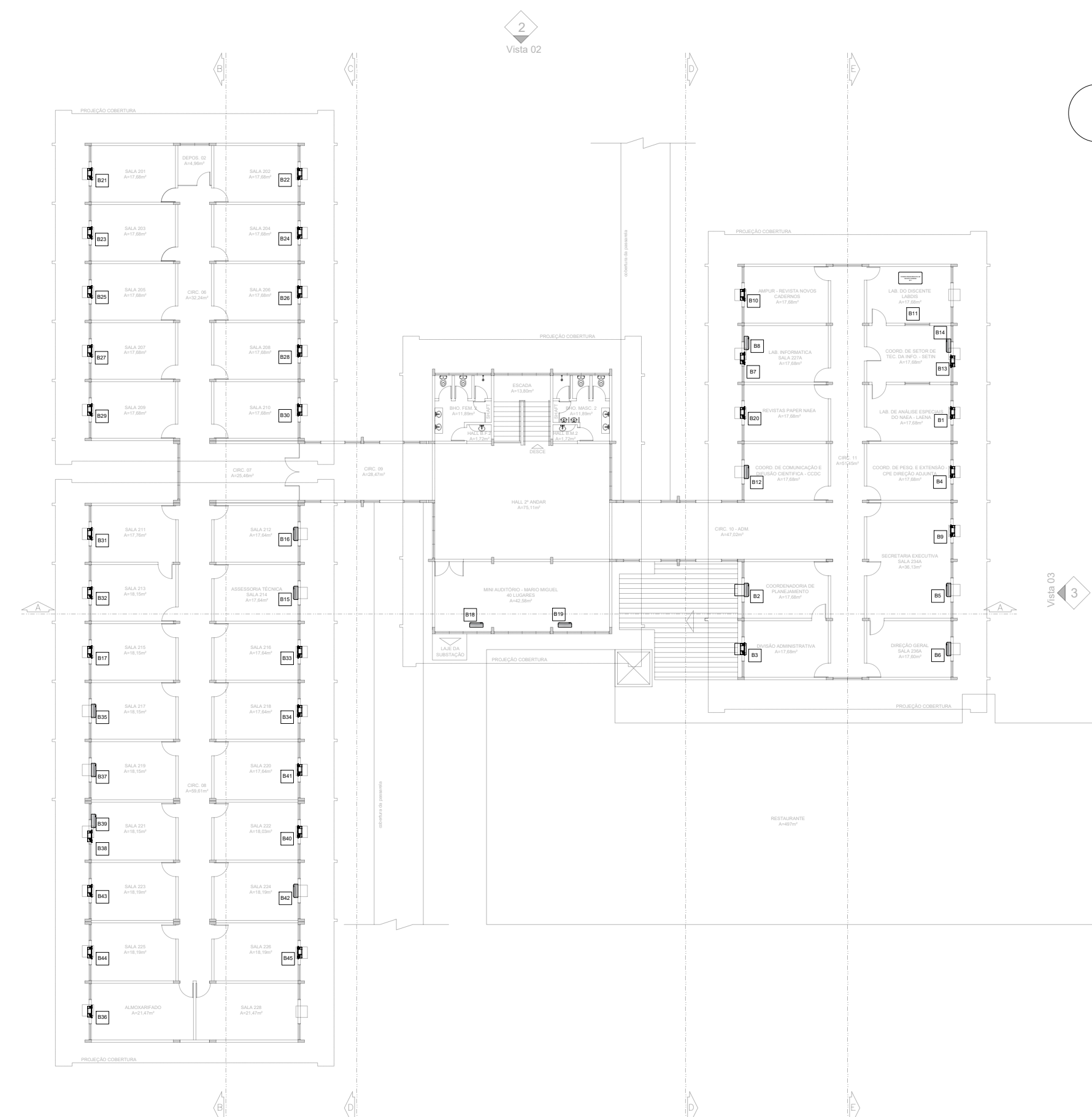
ESCALA: **Indicada**

DATA: **MAR/2022**

FOLHA: **ENG.M**

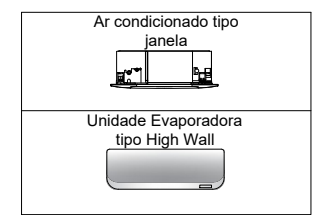
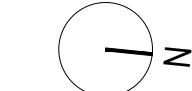
05 / 11

PLANTA DE ALOCAÇÃO DE AR-CONDICIONADO - TÉRREO
 esc 1:200



1 Vista 01

2 Vista 02




LEGENDA

TAG	MARCA	BTU/h	MODELO	VAZÃO (m³/h)	EER/COP
B1	GREE	12.000	GJ 12-22L/A	640	3,02
B2	AGRATTO	18.000	ICS18QFR4-02	900	3,46
B3	ELGIN	18.000	ELGIN 18000	450	3,02
B4	GREE	18.000	GJC18BM-D1MND2A	820	3,02
B5	ELGIN	24.000	HLFI24B2FB	1096	3,02
B6	CONSUL	18.000	CBN18CBBNA	1050	3,24
B7	SPRINGER	18.000	MINIMAX 18000	450	3,02
B8	COMFEE	18.000	42AVCG18F5	810	3,24
B9	AGRATTO	12.000	ECST12FR4-02	610	3,37
B10	CONSUL	7.500	CONSUL 7500	420	2,94
B11	COMFEE	18.000	42AVCG12F5	810	3,24
B12	AGRATTO	18.000	ICS18QFR4-02	900	3,46
B13	ELGIN	18.000	ELGIN 18000	450	3,02
B14	GREE	18.000	GWCN18DCCNDD1A1A/I	850	2,91
B15	AGRATTO	12.000	ICS12FR4-02	550	3,25
B16	ELGIN	9.000	HVFI09B2IA	442	3,39
B17	ELGIN	18.000	ELGIN 18000	450	3,02
B18	ELGIN	30.000	HLFI30B2FB	1096	3,02
B19	ELGIN	30.000	HLFI30B2FB	1096	3,02
B20	SPRINGER	18.000	ZCA185BB	450	3,02
B21	GREE	18.000	GJC18BM-D1MND2A	820	2,87
B22	SPRINGER	10.000	MCA105BB	450	2,87
B23	GREE	18.000	GJC18BM-D1MND2A	820	2,87
B24	GREE	18.000	GJ18-22LM/B	850	2,87
B25	ELGIN	18.000	ELGIN 18000	450	2,87
B26	GREE	18.000	GJC18BM-D1MND2A	820	2,87
B27	GREE	18.000	GJC18BM-D1MND2A	820	2,87
B28	GREE	18.000	GJC18BM-D1MND2A	820	2,87
B29	GREE	18.000	GJC18BM-D1MND2A	820	2,87
B30	CARRIER	12.000	CARRIER	640	2,87
B31	CONSUL	10.000	AIR MASTER 10000	470	3,02
B32	GREE	18.000	GJ18-22LM/B	850	3,02
B33	LG	12.000	LG GOLD	640	3,02
B34	ELGIN	18.000	ELGIN 18000	450	3,02
B35	AGRATTO	18.000	ICS18QFR4-02	900	3,43
B36	LG	12.000	LG GOLD	640	3,02
B37	GREE	18.000	GJC18B-D1MND2A	820	3,02
B38	ELGIN	18.000	ELGIN 18000	450	3,02
B39	GREE	12.000	GWC12QC-D3NNB4A/I	680	3,24
B40	GREE	12.000	GJ 12-22L/A	640	3,02
B41	CONSUL	10.000	AIR MASTER 10000	470	3,02
B42	LG	12.000	TSNH122YMAD	800	3,02
B43	GREE	12.000	GJ 12-22L/A	640	3,02
B44	CONSUL	18.000	CONSUL 18000	640	2,94
B45	GREE	12.000	GJ 12-22L/A	640	3,02


VERSÕES: 01
 DATA: xx/xx/xxxx RESPONSÁVEL: xxxxxxxxxxxxxxxx MODIFICAÇÃO: xxxxxxxxxxxxxxxx

PLANTA DE ALOCAÇÃO DE AR-CONDICIONADO - SUPERIOR
 esc 1:200


4 Vista 04



Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia
 Av. Perimetral, 2551, prédio 1, Guamá, Belém-PA



PROJETO DE GESTÃO ENERGÉTICA



PRONOME: **PLANTA DE AR-CONDICIONADO (SUPERIOR)**

OBRA: **Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - UFPA**

PROPRIETÁRIO: **Universidade Federal do Pará**

LOCAL DO PROJETO: **Belém/PA**

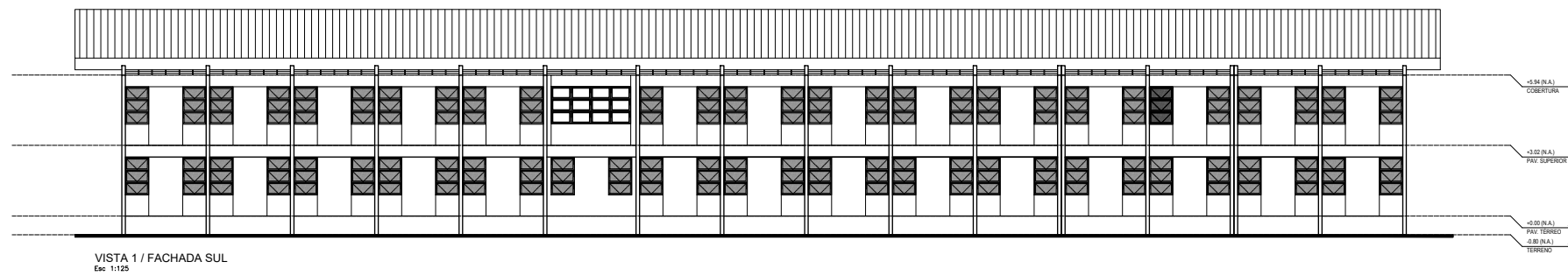
ESCALA: **Indicada**

DATA: **MAR/2022**

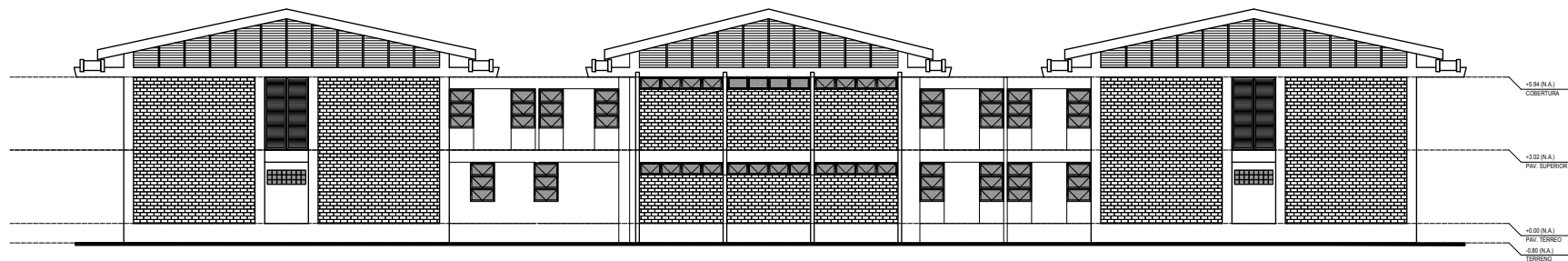
COORDENADOR: **Profª Dra. Carminda Célia Moura de Moura Carvalho**

ELABORADO POR: **Arq. MSc. Filipe Vasconcelos, Arq. Jackuelline Azevedo, Eng. Bianca Corrêa, Eng. Edilberto Rozal, Ana Sousa, André Moraes, Bernardo Pereira, Danielly Carrera**

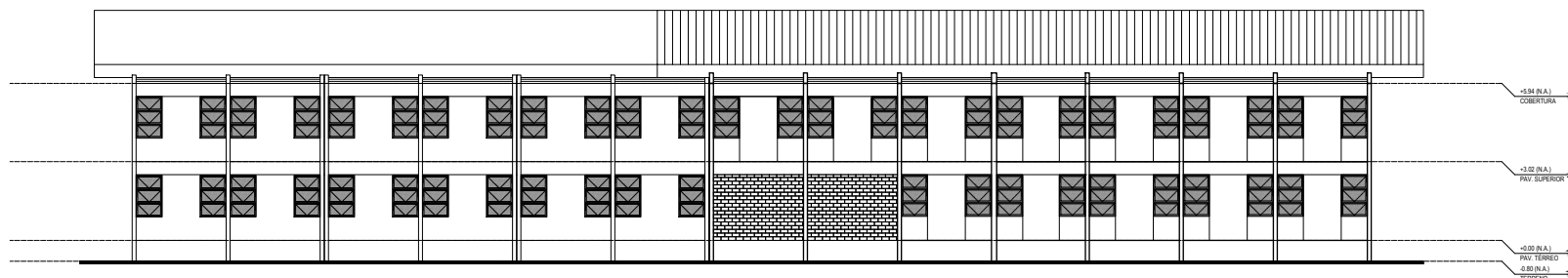
06 / 11



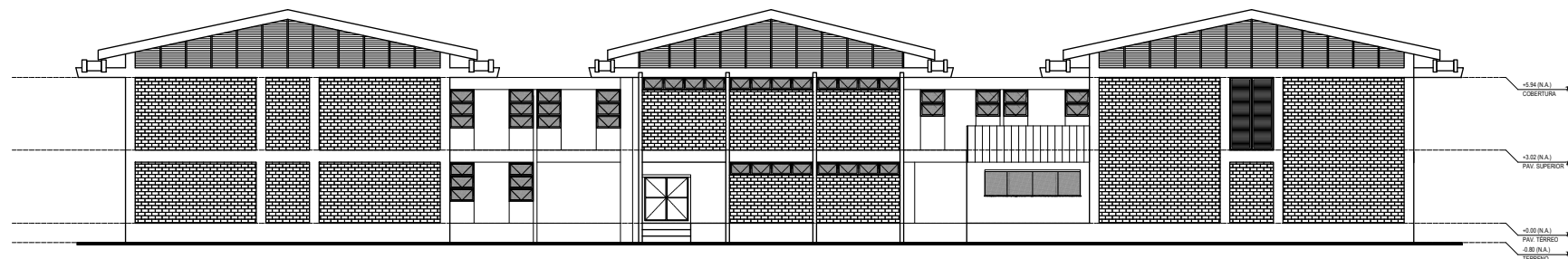
VISTA 1 / FACHADA SUL
Esc: 1:125



VISTA 2 / FACHADA OESTE
Esc: 1:125

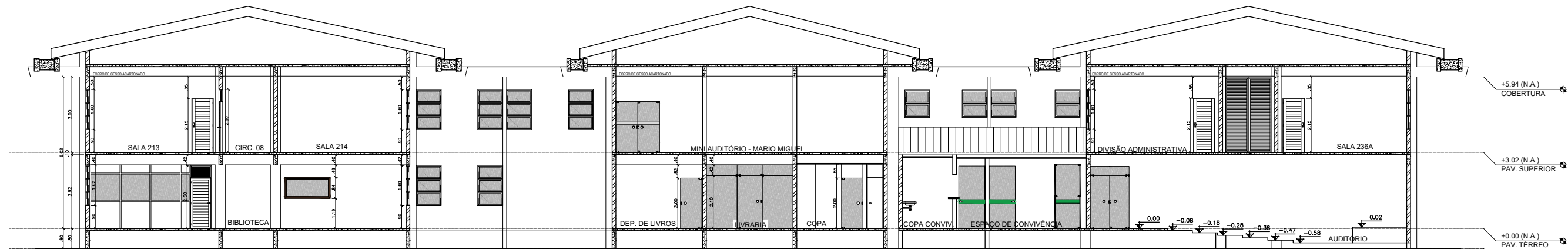


VISTA 3 / FACHADA NORTE
Esc: 1:125

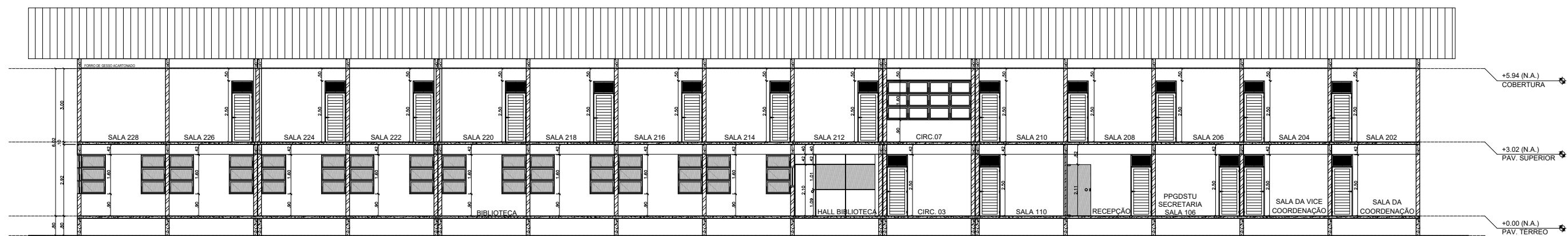


VISTA 4 / FACHADA LESTE
Esc: 1:125

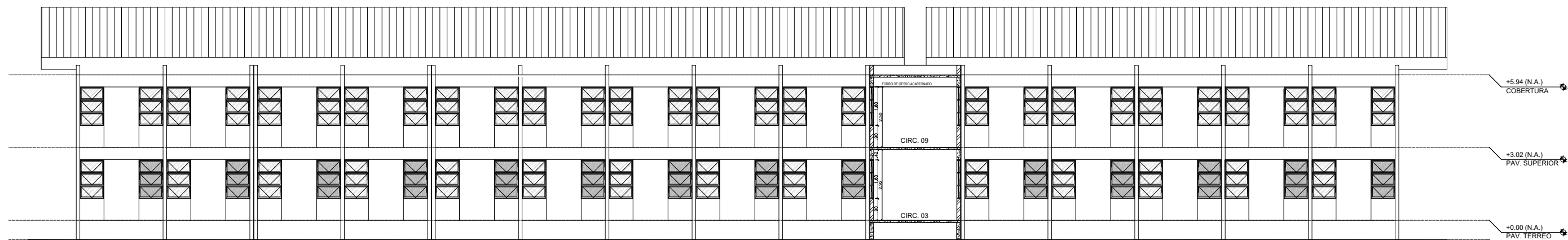
VERSÕES: 01		RESPONSÁVEL: xxxxxxxxxxxxxxxxx	MODIFICAÇÃO: xxxxxxxxxxxxxxxxx
DATA: xx/xx/xxxx			
CARGO:			
 Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia <small>Av. Perimetral, 2651, prédio 1, Guamá, Belém-PA</small>		 INSTITUTO DE GESTÃO ENERGÉTICA	 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PRINCIPAIS FACHADAS		FOLHA: ARQ	
OBRA: Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - UFPA		07 / 11	
PROPRIETÁRIO: Universidade Federal do Pará			
LOCAL DO PROJETO: Belém/PA		COORDENADORA RESPONSÁVEL: Profª Dra. Caminda Célia Moura de Moura Carvalho	
ESCALA: Indicada	EQUIPE RESPONSÁVEL: Arq. MSc. Filipe Vasconcelos, Arq. Jackquelline Azevedo, Eng. Bianca Corrêa, Eng. Edilberto Rozal, Ana Sousa, André Moraes, Bernardo Pereira, Danielly Carrera		
DATA: MAR/2022			



CORTE A
Esc 1:125

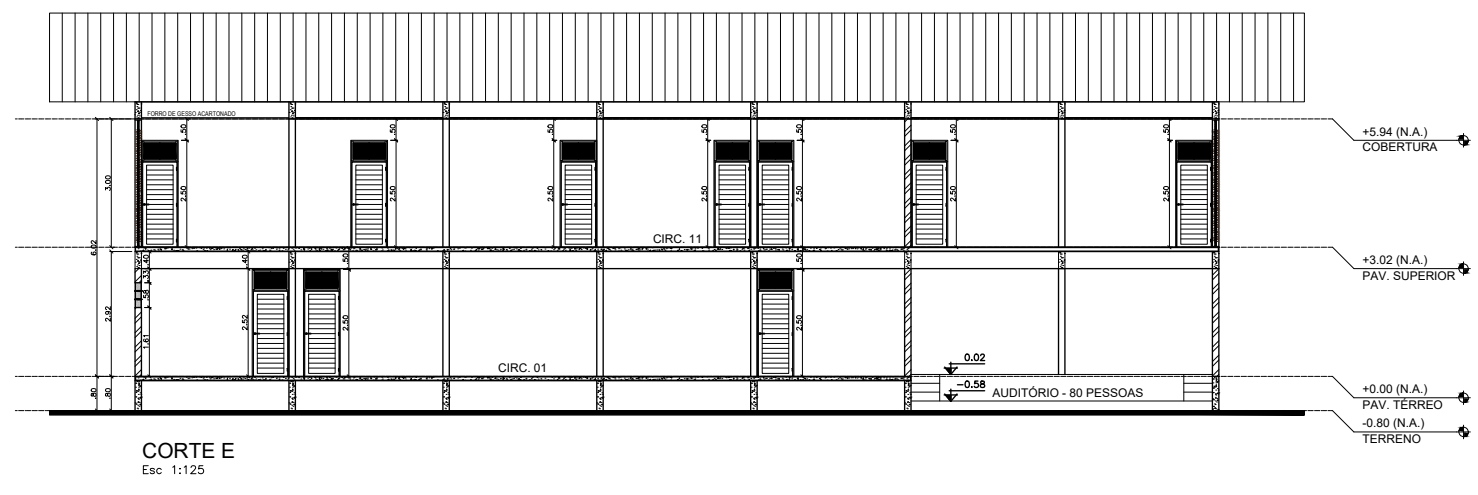
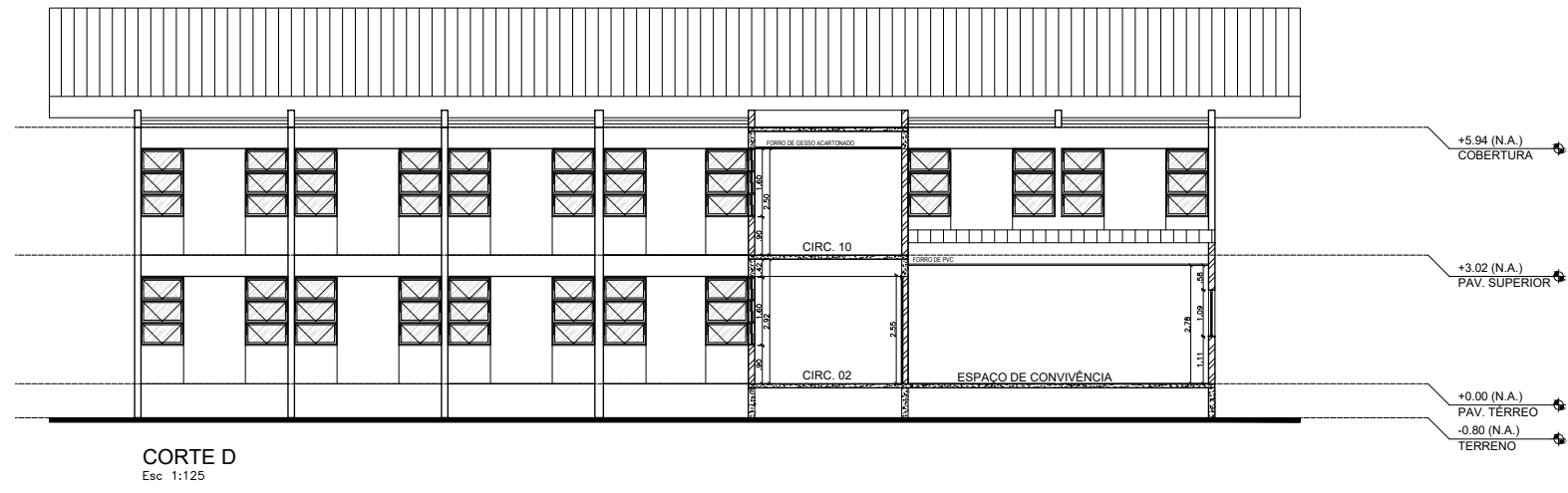


CORTE B
Esc 1:125

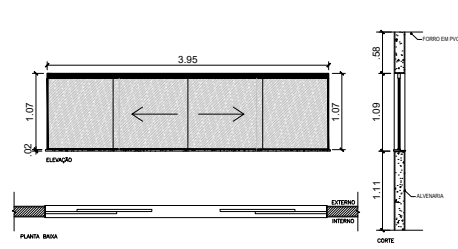


CORTE C
Esc 1:125

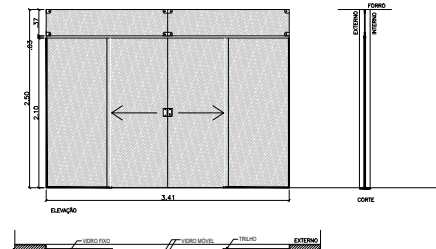
VERSÕES: 01		RESPONSÁVEL: xxxxxxxxxxxxxxxx		MODIFICAÇÃO: xxxxxxxxxxxxxxxx	
  					
CORTES OBRA: Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - UFPA PROPRIETÁRIO: Universidade Federal do Pará LOCAL DO PROJETO: Belém/PA					
ESCALA: Indicada DATA: MAR/2022		COORDENADOR: Profª Dra. Caminda Célia Moura de Moura Carvalho EQUIPE RESPONSÁVEL: Arq. MSc. Filipe Vasconcelos, Arq. Jackuelline Azevedo, Eng. Bianca Corrêa, Eng. Edilberto Rozal, Ana Sousa, André Moraes, Bernardo Pereira, Danielly Carrera			
					FOLHA: ARQ 08 / 11



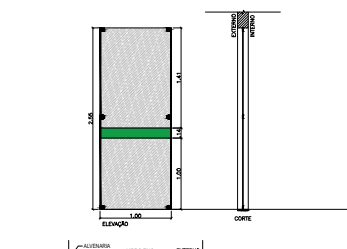
VERSÕES: 01		RESPONSÁVEL: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx		MODIFICAÇÃO: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	
DATA: xx/xx/xxxx					
  					
CORTES 2 OBRA: Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - UFPA PROPRIETÁRIO: Universidade Federal do Pará LOCAL DO PROJETO: Belém/PA				FOLHA: ARQ 09 / 11	
ESCALA: <u>Indicada</u> DATA: <u>FEV/2022</u>		COORDENADORIA: Profª Dra. Caminda Célia Moura de Moura Carvalho EQUIPE RESPONSÁVEL: Filipe Vasconcelos, Jacqueline Azevedo, Ana Sousa, André Moraes, Bernardo Pereira, Bianca Corrêa, Danielly Carrera, Edilberto Rozal			



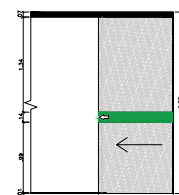
DETALHE 01 - JV1
esc 1:75



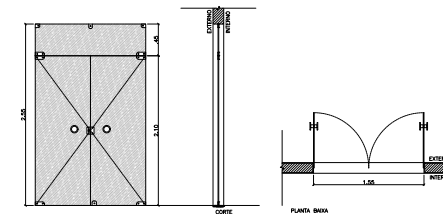
DETALHE 02 - PV1
esc 1:75



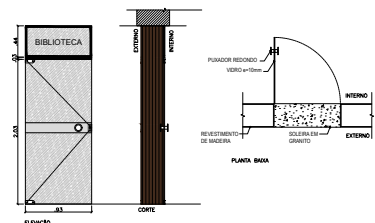
DETALHE 03 - PV2
esc 1:75



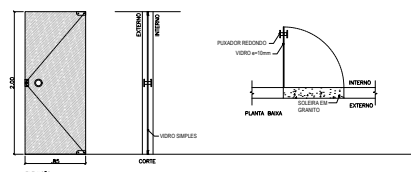
DETALHE 04 - PV3
esc 1:75



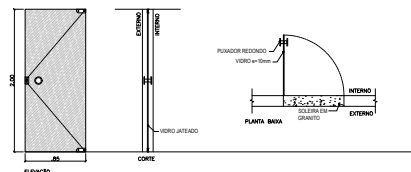
DETALHE 05 - PV4
esc 1:75



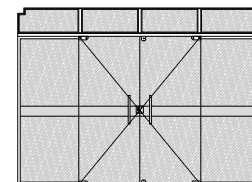
DETALHE 06 - PV5
esc 1:75



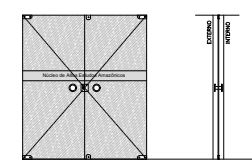
DETALHE 07 - PV6
esc 1:75



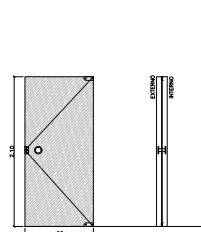
DETALHE 08 - PV7
esc 1:75



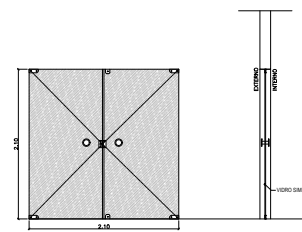
DETALHE 09 - PV8
esc 1:75



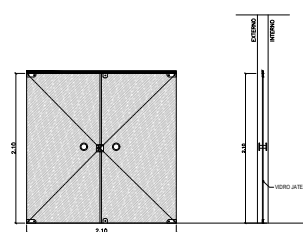
DETALHE 10 - PV9
esc 1:75



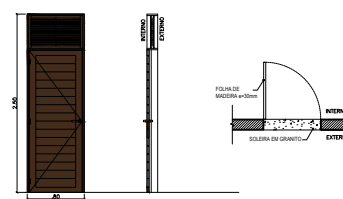
DETALHE 11 - PV10
esc 1:75



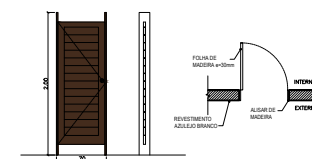
DETALHE 12 - PV11
esc 1:75



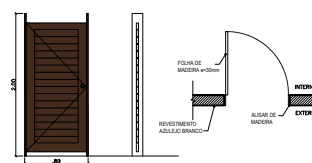
DETALHE 13 - PV12
esc 1:75



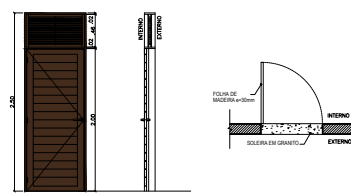
DETALHE 14 - PM1
esc 1:75



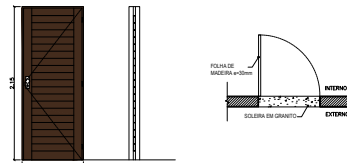
DETALHE 15 - PM2
esc 1:75



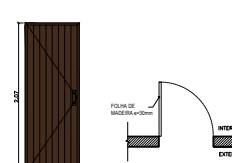
DETALHE 16 - PM3
esc 1:75



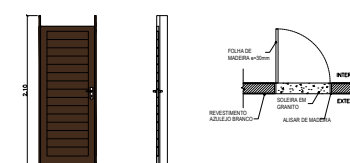
DETALHE 17 - PM4
esc 1:75



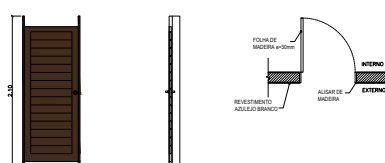
DETALHE 18 - PM5
esc 1:75



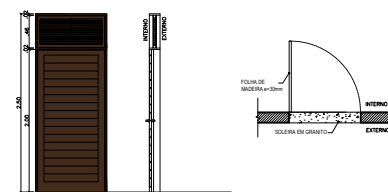
DETALHE 19 - PM6
esc 1:75



DETALHE 20 - PM7
esc 1:75

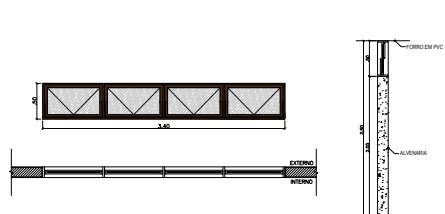


DETALHE 21 - PM8
esc 1:75

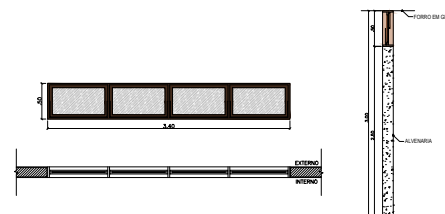


DETALHE 22 - PM9
esc 1:75

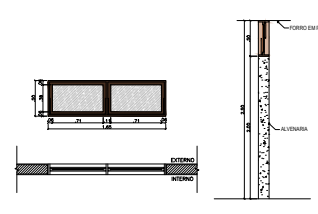
VERSÕES: 01		DATA: xx/xx/xxxx	RESPONSÁVEL: xxxxxxxxxxxxxxxx	MODIFICAÇÃO: xxxxxxxxxxxxxxxx
CARGO:				
 Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia Av. Perimetral, 2651, prédio 1, Guamá, Belém-PA		 PROJETO DE GESTÃO ENERGÉTICA		
PRONCHAS DETALHES 1				FOLHA: ARQ
OBRA: Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - UFPA				
PROPRIETÁRIO: Universidade Federal do Pará				
LOCAL DO PROJETO: Belém/PA				
ESCALA	COORDENADORA:			
Indicada	Profª Dra. Carminda Célia Moura de Moura Carvalho			
DATA	EQUIPE RESPONSÁVEL:			
MAR/2022	Arq. MSc. Filipe Vasconcelos, Arq. Jackuelline Azevedo, Eng. Bianca Corrêa, Eng. Edilberto Rozal, Ana Sousa, André Moraes, Bernardo Pereira, Danielly Carrera			



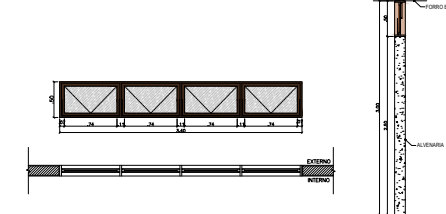
DETALHE 23 - BM1
esc 1:75



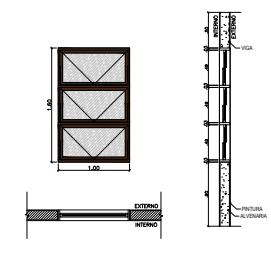
DETALHE 24 - BM2
esc 1:75



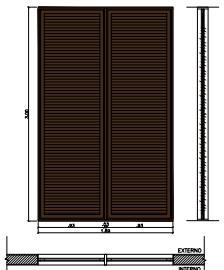
DETALHE 25 - BM3
esc 1:75



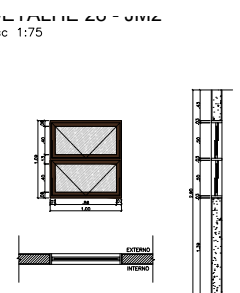
DETALHE 26 - BM4
esc 1:75



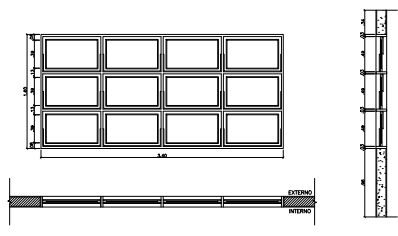
DETALHE 27 - JM1
esc 1:75



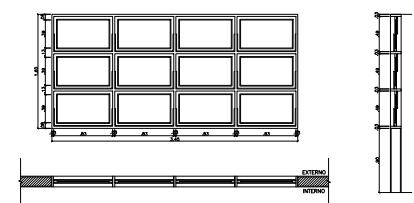
DETALHE 28 - JM2
esc 1:75



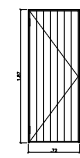
DETALHE 29 - JM3
esc 1:75



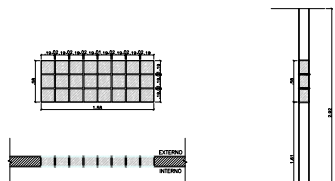
DETALHE 30 - JM4
esc 1:75



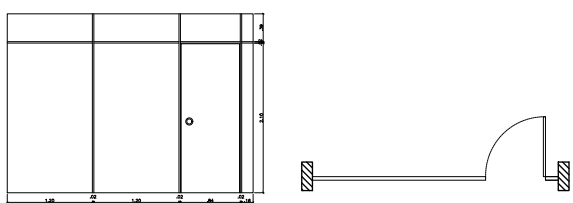
DETALHE 31 - JM5
esc 1:75



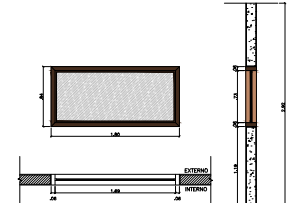
DETALHE 32 - PPVC
esc 1:75



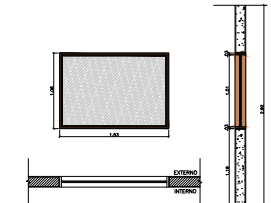
DETALHE 33 - Tvid
esc 1:75



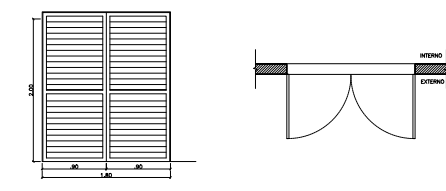
DETALHE 34 - PDN
esc 1:75




DETALHE 35 - VISOR DA BIBLIOTECA
esc 1:75



DETALHE 36 - VISOR DAS SALAS
esc 1:75



DETALHE 37 - PAL
esc 1:75

VERSÕES: 01		DATA: xx/xx/xxxx		RESPONSÁVEL: xxxxxxxxxxxxxxxxx		MODIFICAÇÃO: xxxxxxxxxxxxxxxxx	
CARGO:							
 CEAMAZON Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia <small>Av. Perimetral, 2651, prédio 1, Guamá, Belém-PA</small>				 INSTITUTO DE GESTÃO ENERGÉTICA		 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ	
PRONOME: DETALHES 2							
OBRA: Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - UFPA							
PROPRIETÁRIO: Universidade Federal do Pará							
LOCAL DO PROJETO: Belém/PA							
ESCALA: Indicada		COORDENADORA: Profª Dra. Carminda Célia Moura de Moura Carvalho		AUTOR RESPONSÁVEL:		FOLHA: ARQ	
DATA: MAR/2022		AUTOR RESPONSÁVEL: Arq. MSc. Filipe Vasconcelos, Arq. Jackquelline Azevedo, Eng. Bianca Corrêa, Eng. Edilberto Rozal, Ana Sousa, André Moraes, Bernardo Pereira, Danielly Carrera				11 / 11	

ANEXO B

Catálogos de fabricantes de soluções de acústica

orientações de instalação

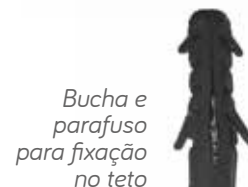


1. Fixe o parafuso no teto.
2. Passe a presilha no cabo de aço.
3. Passe a ponta do cabo de aço pelos dois orifícios do anel regulador do parafuso.
4. Estique o cabo de aço até a altura desejada.
5. Passe a outra ponta do cabo de aço pela presilha de regulação e aperte firmemente.
6. Enganche a alça do cabo de aço no gancho de fixação da nuvem.
7. Faça o ajuste fino de altura e de nível.

kit de fixação



Opção de bucha para drywall



Bucha e parafuso para fixação no teto

Regulador para Fixação no Teto

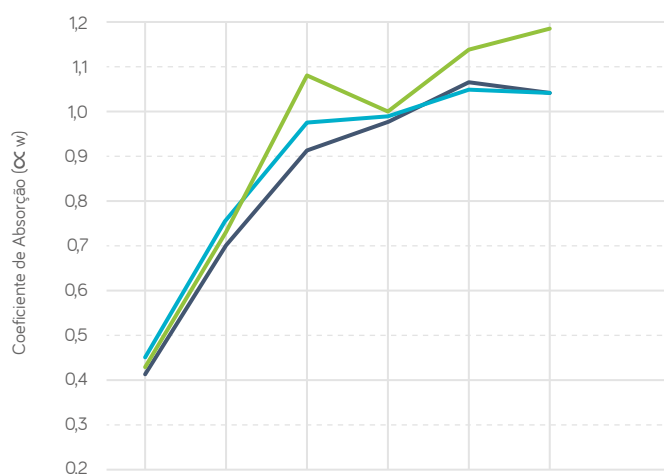


Presilha de Regulação

Cabos de Aço

Gancho de Fixação

desempenho acústico



formato	Frequência (Hz)						NRC	α_w
	125	250	500	1000	2000	4000		
QUADRADA	0,41	0,70	0,91	0,97	1,07	1,05	0,85	0,79
RETANGULAR	0,42	0,73	1,08	1,00	1,13	1,19	0,94	0,90
REDONDA	0,43	0,74	0,98	0,99	1,06	1,05	0,88	0,84

- NUVEM / NUVEM DECOR IR50 QUADRADA 1.200 x 1.200 - Laudo IPT nº 1.098.382-203
- NUVEM / NUVEM DECOR IR50 RETANGULAR 600 x 1.200 - Laudo IPT nº 1.098.386-203
- NUVEM / NUVEM DECOR IR50 REDONDA 1.200 diâmetro - Laudo IPT nº 1.098.383-203

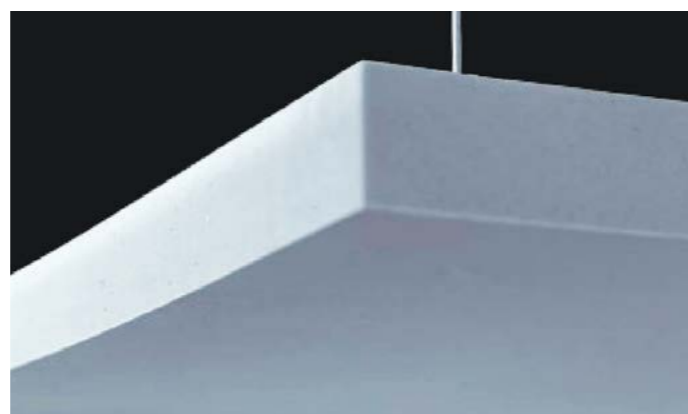


Sonex illtec | Nuvens

Sob novo conceito de tratamento acústico, as Nuvens Sonex illtec proporcionam elegância e design. Disponíveis em diversas cores e formatos geométricos, as Nuvens Sonex illtec permitem a instalação em composições variadas, proporcionando soluções sob medida para cada projeto arquitetônico.

Com elevado desempenho acústico, oferecem conforto acústico a foyers, centros de convenções, hotéis, restaurantes, salões de festas, escritórios, auditórios, entre outros.

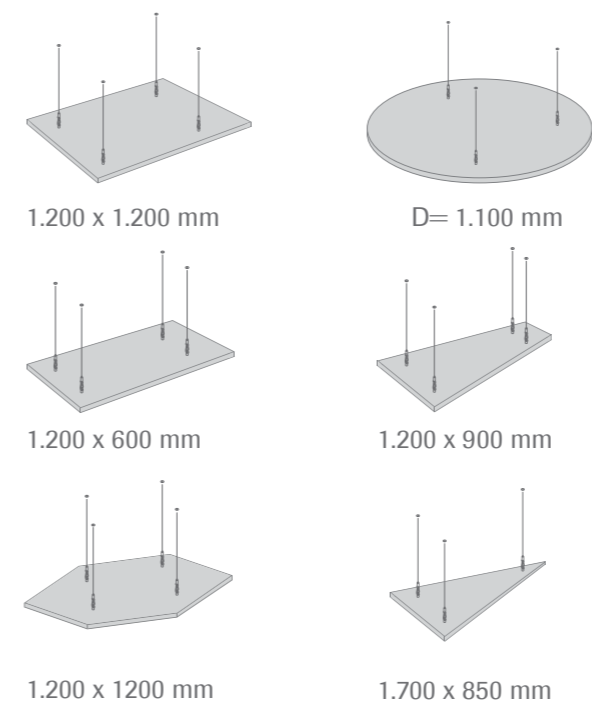
As Nuvens Sonex illtec são fornecidas com cabo de aço e kit de instalação.



Material

Placa acústica SONEX illtec, semi-rígida, de estrutura micro-celular, densidade 11 kg/m³, alta resistência ao fogo Classe IIA - IT-10, atende aos requisitos máximos de segurança.

Dimensões* e Modelos



*Dimensões e espessuras especiais sob consulta

Cores

- Natural: cinza claro
- Padrão: conforme tabela. (pag. 15)
- Pintura especial: sob consulta

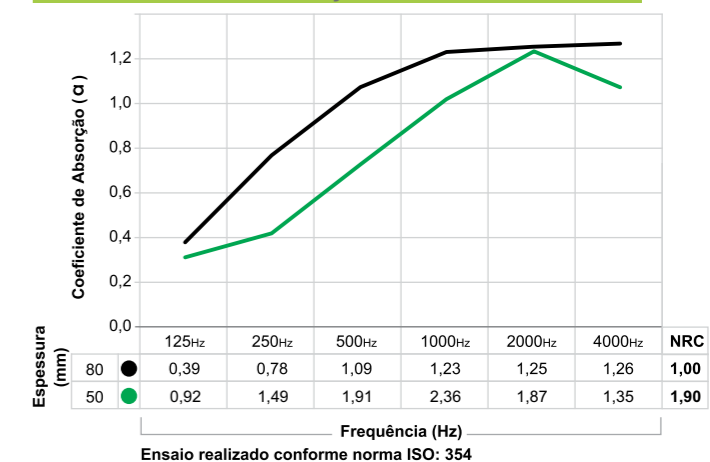
Espessuras (mm)

- 50 mm
- 80 mm

Garantia

5 anos

Coefficientes de Absorção Sonora





Kit Porta Multidoor Maresias PIA-C4 Acústica

Classe 4- Isolamento Acústico de 33 a 36 dB Rw

Ambiente

Interior Seco

Acabamento da Folha

Laminado melaminico HPL (Formica)

Altura da Folha- mm

2100

Largura da Folha- mm

1200

Acabamento do Marco

Pintura Laca PU

Padrão de Cores

Color (Cores lisas)

Fechadura

EURO 55- digital TN- Finger c/maçaneta

Limpar

- 1 +

ADICIONAR AO CARRINHO

SKU: N/A

Categorias: com Visor, Comercial, Corporativo, Educacional, Giro, Hospitalar, Hotelaria, Industrial, Institucional, Maresias, PIA-C4 Acústica de 33 a 36 dB Rw, Porta Acústica - PIA, Residencial alto padrão, Resistência à Umidade - RU, Superior A+ | Linha Premium

Compartilhar: [Twitter] [Facebook] [Email]

DESCRIÇÃO FICHA TÉCNICA

Table with 2 columns: Property Name and Value. Rows include Normas e Legislação aplicáveis, Certificado de desempenho, Ocupação e uso, Nível de desempenho, Tráfego de uso, Ambiente, Tipos de ambiente, VUP - Vida Útil de Projeto, Linha Multidoor, Tipologia, Acabamento da Folha, Altura da Folha, Largura da Folha, Espessura da Folha, Massa da Folha, Acabamento do Marco, Padrão de Cores, Ferragens movimento Folhas, and Fechadura.

PRODUTOS RELACIONADOS

Kit Porta Multidoor Parati PIA-C3 Acústica. PERSONALIZAR

Kit Porta Multidoor Parati PIA-C2 Acústica. PERSONALIZAR

Kit Porta Multidoor Parati PFA-C3 Acústica. PERSONALIZAR



Atendimento
+55 (82) 4009-8300
+55 (82) 9 9339-6053
comercial@multidoor.com.br
Av. Menino Marcelo, 4501.
Serraria CEP: 57046-000
Maceió-AL - Brasil
9°35'19" S e 35°43'47" O

EMPRESA
Quem somos
Portfólio
PRODUTOS
Desempenho
Modelos
Tipologias
Coleções
Linhas
MULTIDOORIZE
HOME - Residencial
HOTEL - Hotelaria
MED - Hospitalar
OFFICE - Corporativo
EDU - Educacional
PUBLIC - Alto Tráfego

BIM
Acessibilidade
Acústica
Retrofit
SUPORTE
Vão da Porta
Manual do Usuário
Glossário
Perguntas frequentes
Blog
Contato

INFORMAÇÕES
Política de privacidade
Privacidade e Segurança
Termos de Uso

Certificações



Kit Porta PIM Kit Porta PEI Gestão de Qualidade

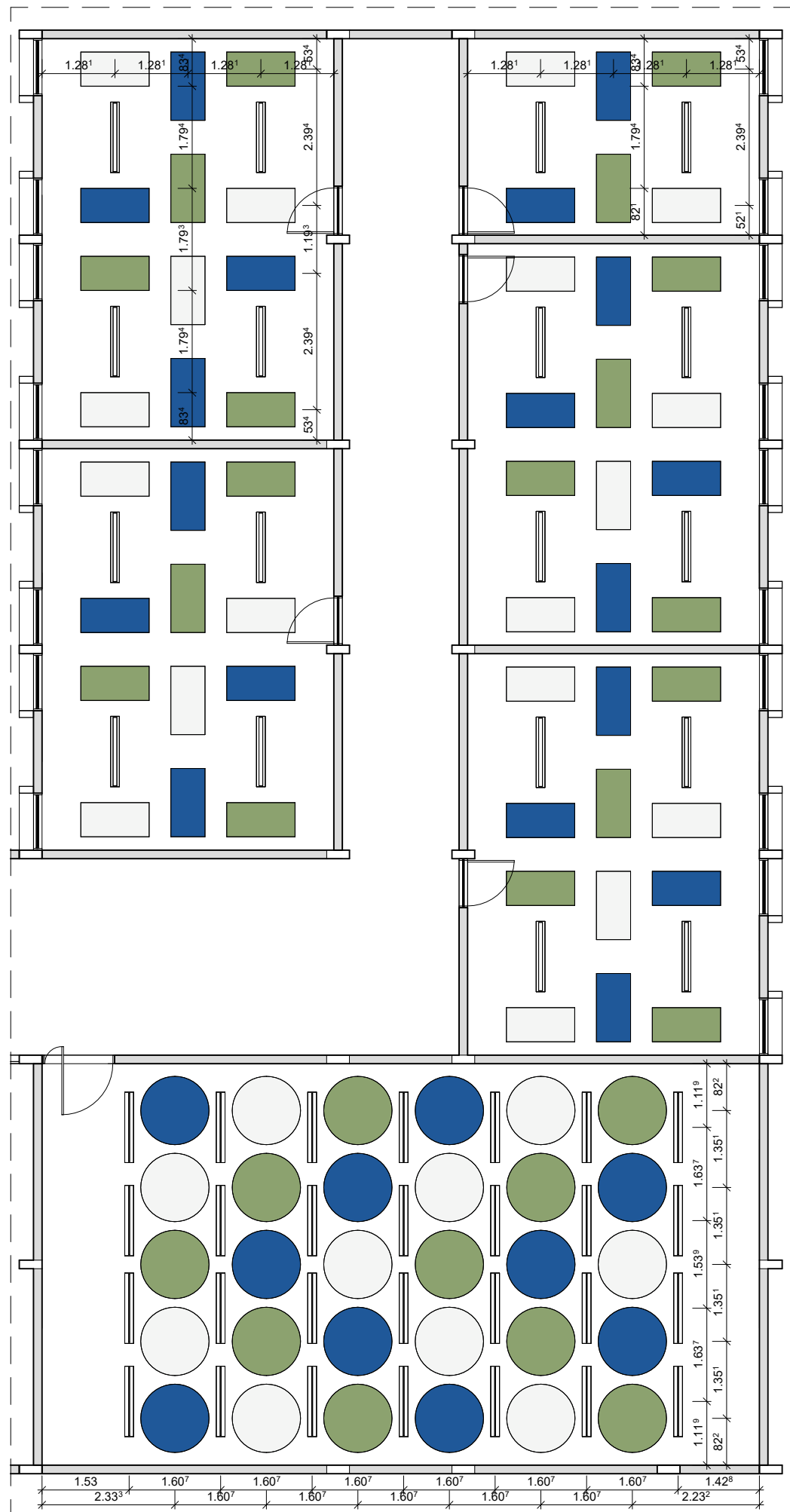
Associada:



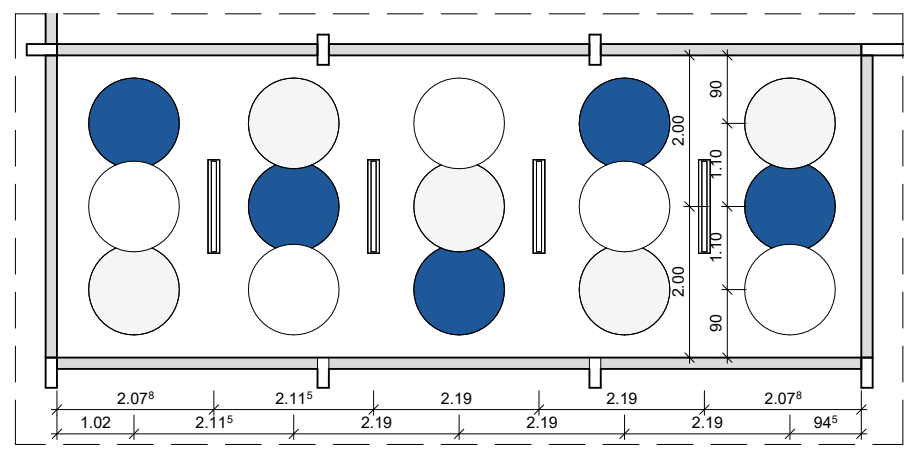
Associação Brasileira para o Desenvolvimento do Edifício Hospitalar

APÊNDICE A

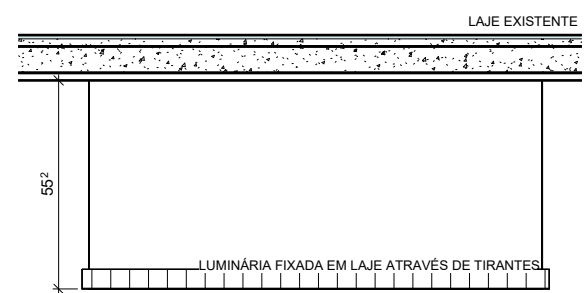
Pranchas de alteração na arquitetura



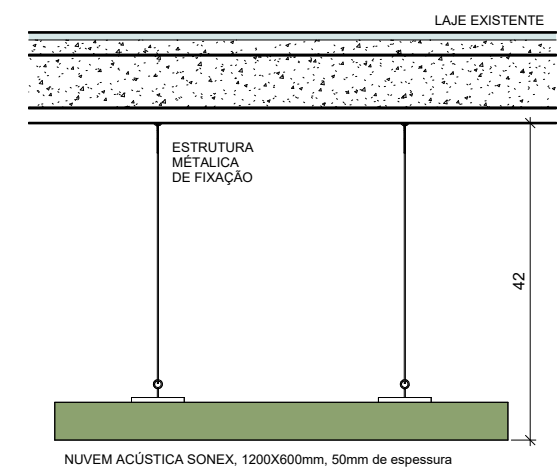
1 Forro - Bloco C
1 : 50



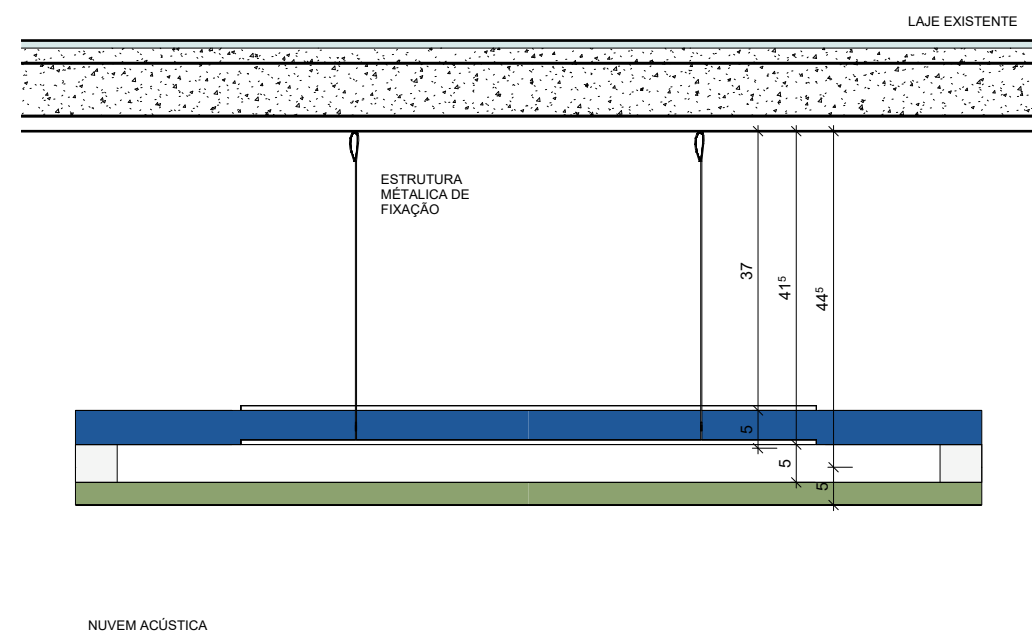
2 Forro - Miniauditorio
1 : 50



3 Detalhe Luminária
1 : 10



4 Detalhe Nuvem Sonex
1 : 5

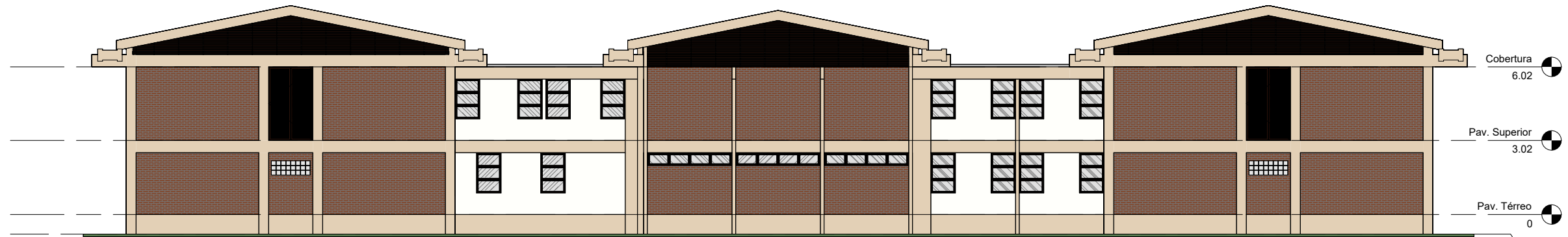


5 Detalhe Nuvem Trisoft
1 : 5

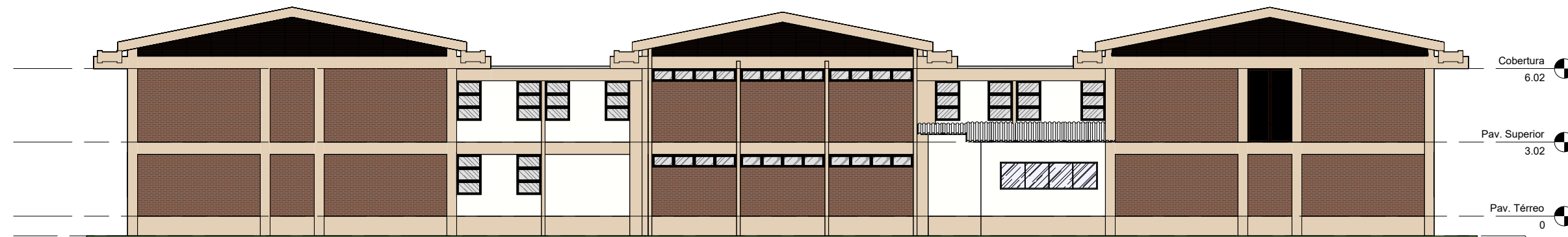
LEGENDA

- Nuvem Sonex Ilitec - Dimensões 1,2x0,6m, na cor branco, espessura de 50mm
- Nuvem Sonex Ilitec - Dimensões 1,2x0,6m, na cor azul royal, espessura de 50mm
- Nuvem Sonex Ilitec - Dimensões 1,2x0,6m, na cor verde claro, espessura de 50mm
- Nuvem Trisoft Decor IR50 redonda - Dimensões 1,2x1,2m, na cor branco, espessura de 50mm
- Nuvem Trisoft Decor IR50 redonda - Dimensões 1,2x1,2m, na cor azul royal, espessura de 50mm
- Nuvem Trisoft Decor IR50 redonda - Dimensões 1,2x1,2m, na cor verde claro, espessura de 50mm

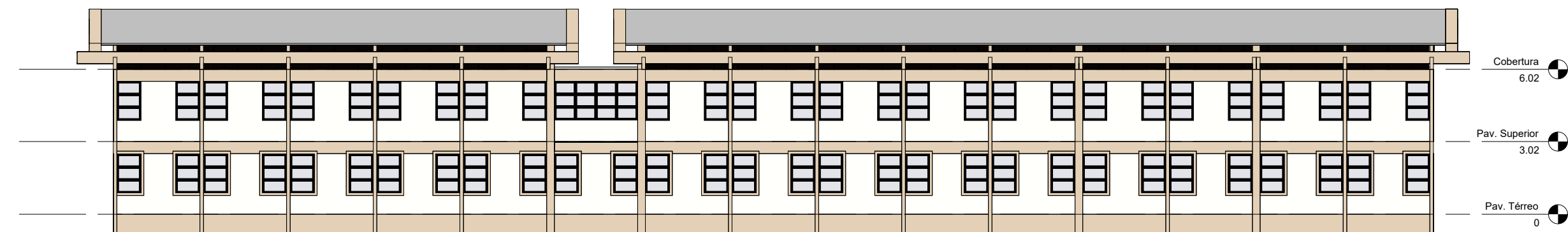
UFPA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ <small>INSTITUIÇÃO:</small> INSTITUTO DE TECNOLOGIA - FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO <small>PRANCHA:</small> PLANTA DE FORRO DO BLOCO C <small>ELABORAÇÃO:</small> ANDRÉ VITOR COSTA DE MORAES <small>DATA:</small> 02/26/24		 UFPA
<small>ESCALA:</small> Como indicado	01 / 03	



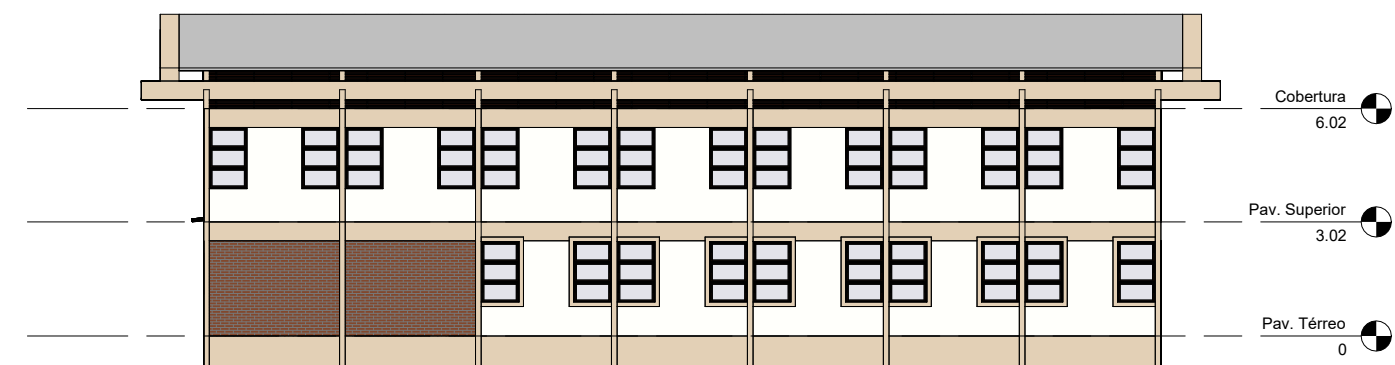
1 Oeste
1 : 100




2 Leste
1 : 100

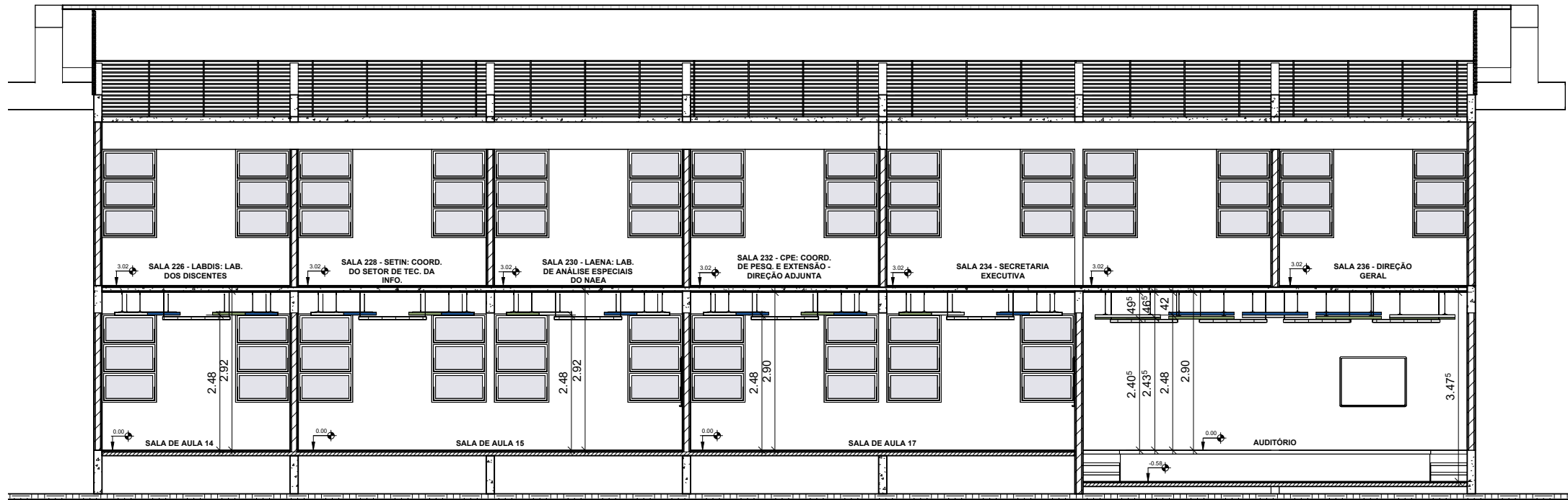


3 Sul
1 : 100

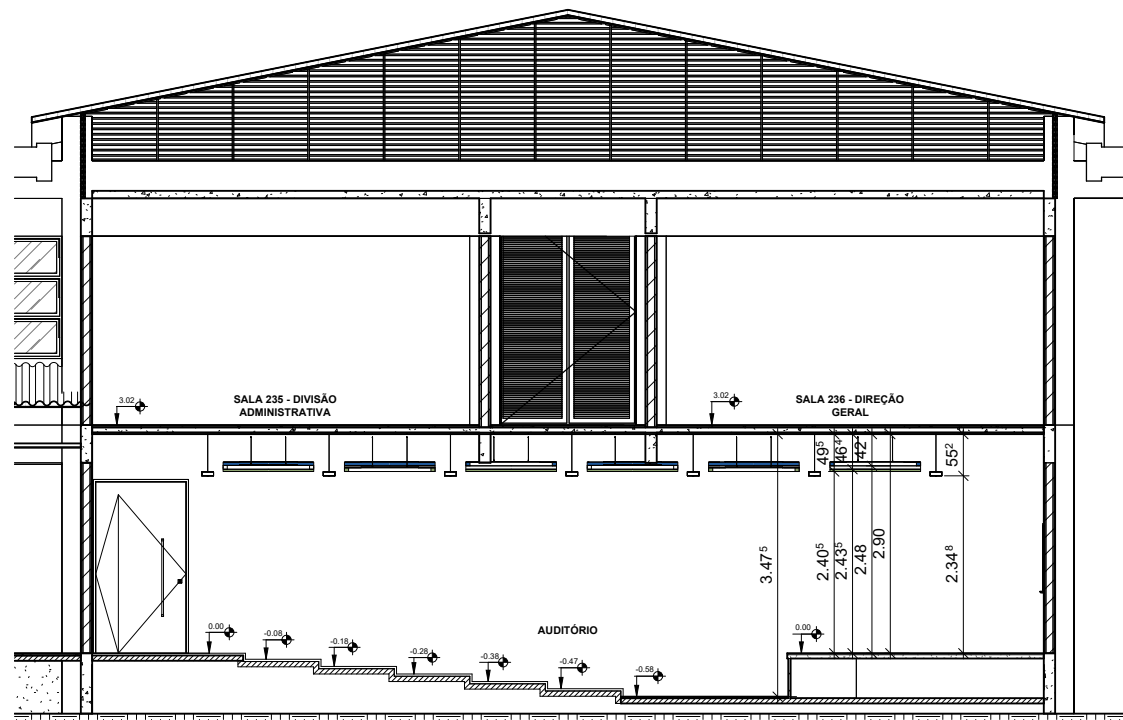


4 Norte
1 : 100

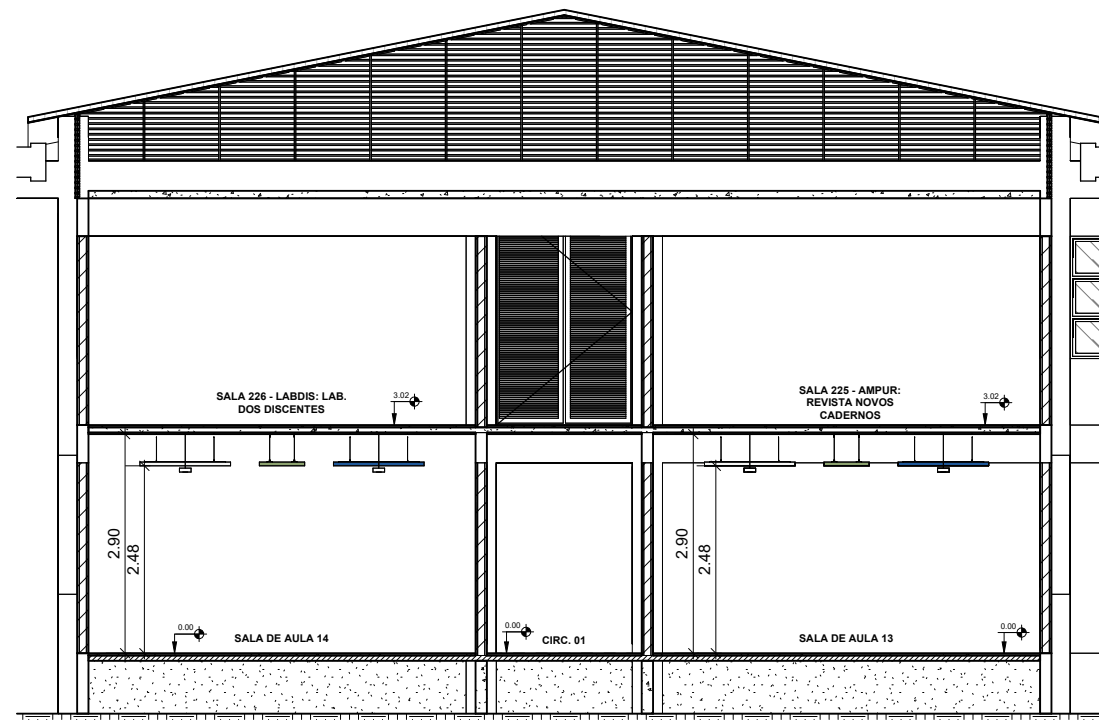
UFPA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ <small>INSTITUIÇÃO:</small> INSTITUTO DE TECNOLOGIA - FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO <small>PRANCHA:</small> PLANTA DE ELEVAÇÕES <small>ELABORAÇÃO:</small> ANDRÉ VITOR COSTA DE MORAES <small>DATA:</small> 02/26/24		 UFPA <small>FOLHA:</small> 02 03
<small>ESCALA:</small> 1 : 100		



1 Corte 1
1 : 50




2 Corte 2
1 : 50



3 Corte 3
1 : 50

DE CONVIVÊNCIA

UFPA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ		 UFPA
INSTITUIÇÃO: INSTITUTO DE TECNOLOGIA - FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO		
PRANCHA: CORTES		FOLHA: 03
ELABORAÇÃO: ANDRÉ VITOR COSTA DE MORAES		03
DATA: 02/26/24	ESCALA: 1 : 50	03

APÊNDICE B

Resultados dos usos finais de cada bloco obtidos por simulação

APÊNDICE C

Especificações de proposta para o sistema de iluminação por ambiente

Bloco/Andar	Ambiente	Descrição da luminária	Descrição da lâmpada	Quantidade de luminárias	Quantidade de lâmpadas/luminárias	Potência (W)	Temperatura de cor	Fluxo luminoso por lâmpada (lm)	Potência total (W)
A/Térreo	DISPENSA DML	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	1	2	18	6500k	1850	36
A/Térreo	HALL BIBLIOTECA	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Térreo	CIRCULAÇÃO DE REFERÊNCIA	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Térreo	PROCESSAMENTO TÉCNICO	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Térreo	BIBLIOTECA	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	40	2	18	6500k	1850	1440
A/Térreo	SALA 101 - PPGGP COORDENAÇÃO	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Térreo	SALA 102 - SALA DA COORDENAÇÃO	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Térreo	SALA 108 - RECEPÇÃO	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Térreo	SALA 109 - ARQUIVOS ADM.	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 110 - XEROX	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 201	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 203	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 206	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 207	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 208	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 209	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 213	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 215	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 216	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 218	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 219	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 220	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 221	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 222	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72

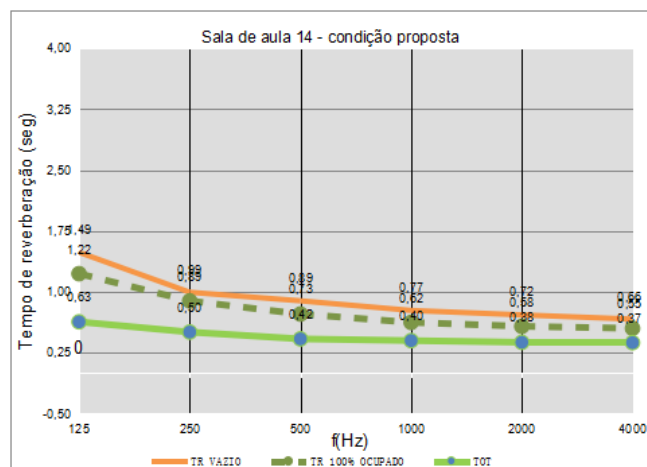
Bloco/Andar	Ambiente	Descrição da luminária	Descrição da lâmpada	Quantidade de luminárias	Quantidade de lâmpadas/luminárias	Potência (W)	Temperatura de cor	Fluxo luminoso por lâmpada (lm)	Potência total (W)
A/Superior	SALA 223	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
A/Superior	SALA 228	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	3	2	18	6500k	1850	108
Bloco/Andar	Ambiente	Descrição da luminária	Descrição da lâmpada	Quantidade de luminárias	Quantidade de lâmpadas/luminárias	Potência (W)	Temperatura de cor	Fluxo luminoso por lâmpada (lm)	Potência total (W)
B/Térreo	BHO MASC	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	1	2	18	6500k	1850	36
B/Superior	MINI AUDITÓRIO MÁRIO MIGUEL	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	4	4	18	6500k	1850	288
Bloco/Andar	Ambiente	Descrição da luminária	Descrição da lâmpada	Quantidade de luminárias	Quantidade de lâmpadas/luminárias	Potência (W)	Temperatura de cor	Fluxo luminoso por lâmpada (lm)	Potência total (W)
C/Térreo	CIRCULAÇÃO 02	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	6	2	18	6500k	1850	216
C/Térreo	ESPAÇO DE CONVIVÊNCIA	Tipo 2 - Calha com aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	3	2	18	6500k	1850	108
C/Térreo	AUDITÓRIO	Tipo 2 - Calha com aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	28	2	18	6500k	1850	1008
C/Térreo	CIRCULAÇÃO 01	Tipo 3 - Calha sem aletas 60 cm	BLUMENAU 60 cm	4	2	9	6500k	900	72
C/Térreo	SALA DE AULA 12	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	4	2	18	6500k	1850	144
C/Térreo	SALA DE AULA 13	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	4	2	18	6500k	1850	144
C/Térreo	SALA DE AULA 15	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	4	2	18	6500k	1850	144
C/Térreo	SALA DE AULA 17	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	4	2	18	6500k	1850	144
C/Superior	CIRCULAÇÃO 11	Tipo 3 - Calha sem aletas 60 cm	BLUMENAU 60 cm	6	2	9	6500k	900	108
C/Superior	AMPUR - REVISTA NOVOS CADERNOS	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	2	2	18	6500k	1850	72
C/Superior	SALA 234A-233A - SECRETARIA EXECUTIVA	Tipo 1 - Calha sem aletas 120 cm	INTRAL T8 120 cm	4	2	18	6500k	1850	144

APÊNDICE D

Cálculo da reverberação das salas analisadas

TRABALHO FINAL - PROPOSTA - SALA 14		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
SALA DE AULA 14	17,68125	51,62925
		51,62925

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51-2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM

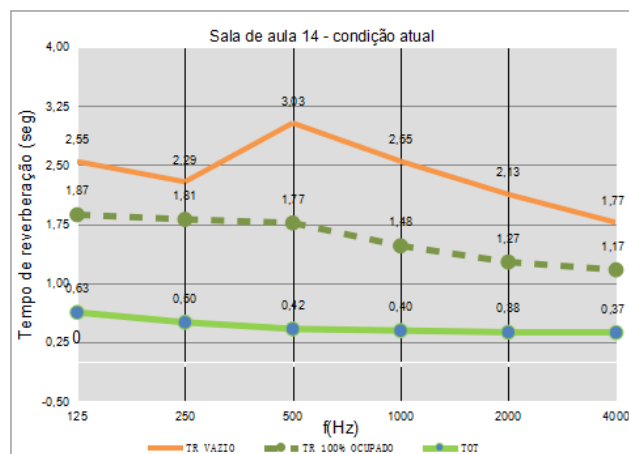


AUDITORIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	PISO CERAMICO	17,68	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	17,68	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3	FORRO	PLACA SONEX ILLTEC 80mm	5,76	0,39	0,78	1,09	1,23	1,25	1,26
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	14,97	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
6									
7									
8									
9	PAREDE B	ALVENARIA	10,07	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
10	PAREDE B	JANELA ENVIDRAÇADA	3,2	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
11									
12									
13	PAREDE C	ALVENARIA	14,97	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
14									
15									
16									
17	PAREDE D	ALVENARIA	10,07	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
18	PAREDE D	PORTA DE MADEIRA	2,15	0,14	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08
19									
20	MOBILIARIO	MESA DO PROFESSOR	0,72	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1
21									
22	OCUPAÇÃO (0%)	CADEIRA UNIVERSITÁRIA	6,6	0,03	0,14	0,03	0,02	0,03	0
23	OCUPAÇÃO (100%)	ADULTO SENTADO	6,6	0,2	0,28	0,32	0,37	0,41	0,35
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	51,63	0	0	0	0	0	0,01
			103,87						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,05	0,08	0,09	0,1	0,11	0,11
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,06	0,09	0,1	0,12	0,13	0,14
TR VAZIO	1,49	0,99	0,89	0,77	0,72	0,66
TR 100% OCUPADO	1,22	0,89	0,73	0,62	0,58	0,55
TOT	0,63	0,5	0,42	0,4	0,38	0,37
TR-TOT (VAZIO)	0,86	0,49	0,47	0,37	0,34	0,29
TR-TOT(100%)	0,59	0,38	0,31	0,22	0,2	0,18

TRABALHO FINAL - ATUAL - SALA 14		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
SALA DE AULA 14	17,68125	51,62925
		51,62925

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51 - 2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM

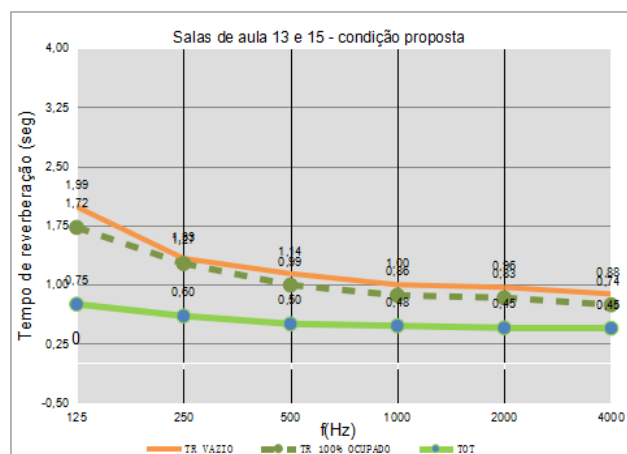


AUDITORIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	PISO CERAMICO	17,68	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	17,68	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3									
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	14,97	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
6									
7									
8									
9	PAREDE B	ALVENARIA	10,07	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
10	PAREDE B	JANELA ENVIDRAÇADA	3,2	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
11									
12									
13	PAREDE C	ALVENARIA	14,97	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
14									
15									
16									
17	PAREDE D	ALVENARIA	10,07	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
18	PAREDE D	PORTA DE MADEIRA	2,15	0,14	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08
19									
20	MOBILIARIO	MESA DO PROFESSOR	0,72	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1
21									
22	OCUPAÇÃO (0%)	CADEIRA UNIVERSITÁRIA	6,6	0,03	0,14	0,03	0,02	0,03	0
23	OCUPAÇÃO (100%)	ADULTO SENTADO	6,6	0,2	0,28	0,32	0,37	0,41	0,35
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	51,63	0	0	0	0	0	0,01
			98,11						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07
TR VAZIO	2,55	2,29	3,03	2,55	2,13	1,77
TR 100% OCUPADO	1,87	1,81	1,77	1,48	1,27	1,17
TOT	0,63	0,5	0,42	0,4	0,38	0,37
TR-TOT (VAZIO)	1,92	1,78	2,61	2,15	1,75	1,4
TR-TOT(100%)	1,24	1,31	1,35	1,08	0,89	0,8

TRABALHO FINAL - PROPOSTA - SALAS 12 e 17		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
SALAS 12/17	36,13125	105,50325
		105,50325

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51-2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM

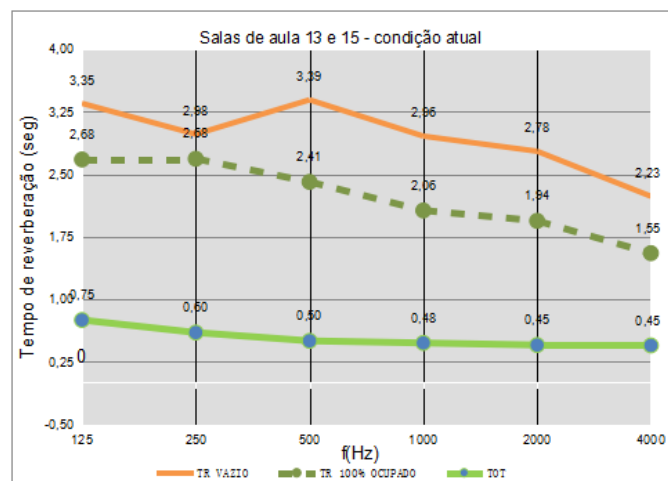


AUDITORIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	CERÂMICA	36,13	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	36,13	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3	FORRO	PLACA SONEX ILLTEC 80mm	8,64	0,39	0,78	1,09	1,23	1,25	1,26
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	12,57	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
6	PAREDE A	QUADRO BRANCO	2,4	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
7									
8									
9	PAREDE B	ALVENARIA	19,17	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
10	PAREDE B	PORTA DE MADEIRA	2,15	0,14	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08
11									
12									
13	PAREDE C	ALVENARIA	14,97	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
14	PAREDE C								
15									
16									
17	PAREDE D	ALVENARIA	14,19	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
18	PAREDE D	JANELA ENVIDRAÇADA	6,4	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
19									
20	MOBILIARIO	MESA DO PROFESSOR	0,72	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1
21	MOBILIARIO	MESA ESCOLAR	5,67	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1
22	OCUPAÇÃO (0%)	CADEIRA UNIVERSITÁRIA	8,66	0,03	0,14	0,03	0,02	0,03	0
23	OCUPAÇÃO (100%)	STUDANTE SENTADO INCLUINDO CADEIR	8,66	0,17	0,21	0,26	0,3	0,32	0,37
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	105,5	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
			167,79						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,05	0,07	0,09	0,1	0,1	0,11
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,06	0,08	0,1	0,11	0,12	0,13
TR VAZIO	1,99	1,33	1,14	1	0,96	0,88
TR 100% OCUPADO	1,72	1,27	0,99	0,86	0,83	0,74
TOT	0,75	0,6	0,5	0,48	0,45	0,45
TR-TOT (VAZIO)	1,24	0,73	0,64	0,52	0,51	0,43
TR-TOT(100%)	0,97	0,67	0,49	0,39	0,38	0,3

TRABALHO FINAL - ATUAL - SALAS 12 e 17		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
SALAS 12/17	36,13125	105,50325
		105,50325

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51-2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM

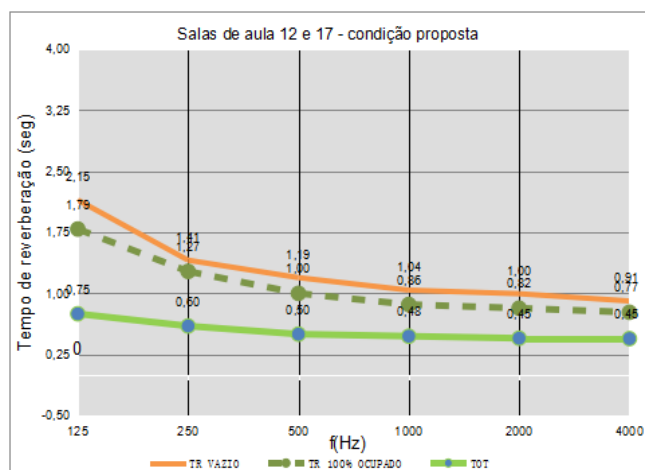


AUDITORIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	CERÂMICA	36,13	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	36,13	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3									
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	12,57	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
6	PAREDE A	QUADRO BRANCO	2,4	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
7									
8									
9	PAREDE B	ALVENARIA	19,17	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
10	PAREDE B	PORTA DE MADEIRA	2,15	0,14	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08
11									
12									
13	PAREDE C	ALVENARIA	14,97	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
14	PAREDE C								
15									
16									
17	PAREDE D	ALVENARIA	14,19	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
18	PAREDE D	JANELA ENVIDRAÇADA	6,4	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
19									
20	MOBILIARIO	MESA DO PROFESSOR	0,72	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1
21	MOBILIARIO	MESA ESCOLAR	5,67	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1
22	OCUPAÇÃO (0%)	CADEIRA UNIVERSITÁRIA	8,66	0,03	0,14	0,03	0,02	0,03	0
23	OCUPAÇÃO (100%)	STUDANTE SENTADO INCLUINDO CADEIR	8,66	0,17	0,21	0,26	0,3	0,32	0,37
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	105,5	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
			159,15						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07
TR VAZIO	3,35	2,98	3,39	2,96	2,78	2,23
TR 100% OCUPADO	2,68	2,68	2,41	2,06	1,94	1,55
TOT	0,75	0,6	0,5	0,48	0,45	0,45
TR-TOT (VAZIO)	2,6	2,38	2,89	2,48	2,33	1,79
TR-TOT(100%)	1,93	2,08	1,91	1,59	1,49	1,11

TRABALHO FINAL - PROPOSTA - SALAS 12 e 17		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
SALAS 12/17	36,13125	105,50325
		105,50325

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51-2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM

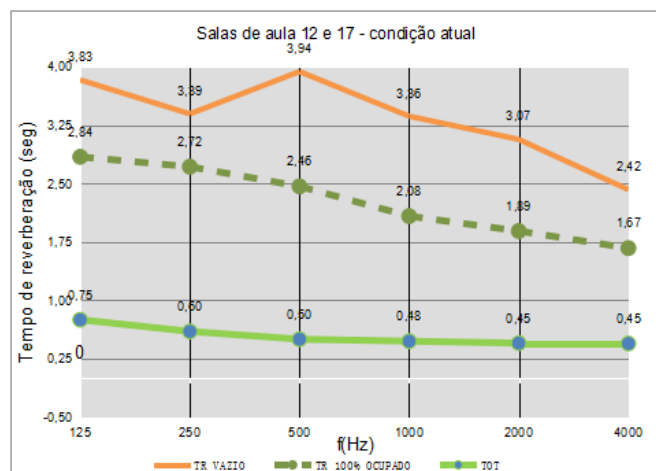


AUDITORIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	CERÂMICA	36,13	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	36,13	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3	FORRO	PLACA SONEX ILLTEC 80mm	8,64	0,39	0,78	1,09	1,23	1,25	1,26
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	12,57	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
6	PAREDE A	QUADRO BRANCO	2,4	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
7									
8									
9	PAREDE B	ALVENARIA	19,17	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
10	PAREDE B	PORTA DE MADEIRA	2,15	0,14	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08
11									
12									
13	PAREDE C	ALVENARIA	14,97	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
14	PAREDE C								
15									
16									
17	PAREDE D	ALVENARIA	14,19	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
18	PAREDE D	JANELA ENVIDRAÇADA	6,4	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
19									
20	MOBILIARIO	MESA DO PROFESSOR	0,72	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1
21									
22	OCUPAÇÃO (0%)	CADEIRA UNIVERSITÁRIA	8,66	0,03	0,14	0,03	0,02	0,03	0
23	OCUPAÇÃO (100%)	ADULTO SENTADO	8,66	0,2	0,28	0,32	0,37	0,41	0,35
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	105,5	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
			162,12						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,05	0,07	0,08	0,1	0,1	0,11
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,06	0,08	0,1	0,11	0,12	0,13
TR VAZIO	2,15	1,41	1,19	1,04	1	0,91
TR 100% OCUPADO	1,79	1,27	1	0,86	0,82	0,77
TOT	0,75	0,6	0,5	0,48	0,45	0,45
TR-TOT (VAZIO)	1,4	0,81	0,69	0,57	0,55	0,46
TR-TOT(100%)	1,04	0,67	0,5	0,39	0,37	0,32

TRABALHO FINAL - ATUAL - SALAS 12 e 17		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
SALAS 12/17	36,13125	105,50325
		105,50325

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51-2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM

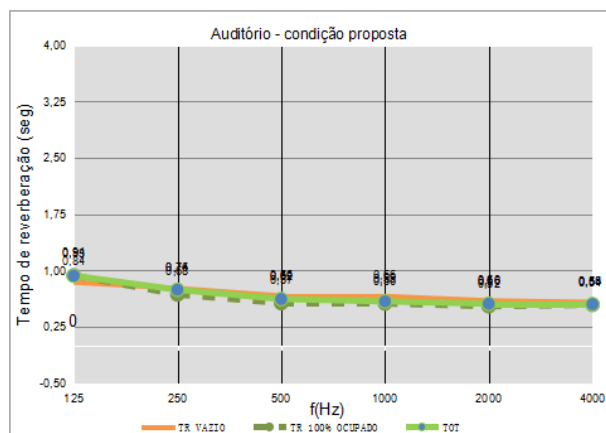


AUDITORIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	CERÂMICA	36,13	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	36,13	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3									
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	12,57	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
6	PAREDE A	QUADRO BRANCO	2,4	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
7									
8									
9	PAREDE B	ALVENARIA	19,17	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
10	PAREDE B	PORTA DE MADEIRA	2,15	0,14	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08
11									
12									
13	PAREDE C	ALVENARIA	14,97	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
14	PAREDE C								
15									
16									
17	PAREDE D	ALVENARIA	14,19	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
18	PAREDE D	JANELA ENVIDRAÇADA	6,4	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
19									
20	MOBILIARIO	MESA DO PROFESSOR	0,72	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1
21									
22	OCUPAÇÃO (0%)	CADEIRA UNIVERSITÁRIA	8,66	0,03	0,14	0,03	0,02	0,03	0
23	OCUPAÇÃO (100%)	ADULTO SENTADO	8,66	0,2	0,28	0,32	0,37	0,41	0,35
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	105,5	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
			153,48						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06
TR VAZIO	3,83	3,39	3,94	3,36	3,07	2,42
TR 100% OCUPADO	2,84	2,72	2,46	2,08	1,89	1,67
TOT	0,75	0,6	0,5	0,48	0,45	0,45
TR-TOT (VAZIO)	3,08	2,79	3,44	2,89	2,62	1,98
TR-TOT(100%)	2,09	2,12	1,96	1,61	1,44	1,23

TRABALHO FINAL - PROPOSTA - AUDITÓRIO		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
AUDITÓRIO	91,791	278,475
		278,475

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51-2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM

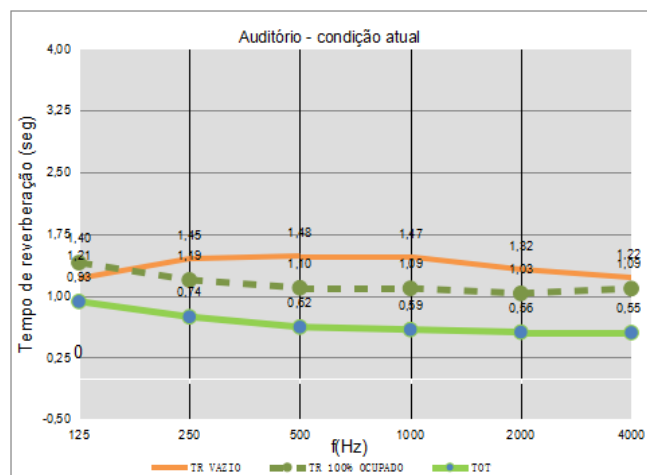


AUDITÓRIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	TÁBUAS DE MADEIRA	91,79	0,18	0,12	0,1	0,09	0,08	0,07
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	88,83	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3	NUVEM ACUSTICA	NUVEM DECOR IR50 REDONDA 1200	33,9	0,43	0,74	0,98	0,99	1,06	1,05
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	35,63	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
6	PAREDE A	VIDRO COMUM	3,88	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
7									
8									
9									
10	PAREDE B	ALVENARIA	18,19	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
11	PAREDE B	QUADRO BRANCO	2,4	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
12									
13									
14	PAREDE C	ALVENARIA	39,5	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
15									
16									
17									
18									
19	PAREDE D	ALVENARIA	20,3	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
20									
21									
22	OCUPAÇÃO (0%)	POLTRONA VAZIA	51	0,28	0,28	0,28	0,28	0,34	0,33
23	OCUPAÇÃO (100%)	POLTRONA OCUPADA	51	0,19	0,4	0,47	0,47	0,51	0,41
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	278,48	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
			385,41						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,13	0,14	0,16	0,16	0,18	0,18
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,12	0,16	0,19	0,19	0,2	0,19
TR VAZIO	0,84	0,76	0,66	0,66	0,6	0,58
TR 100% OCUPADO	0,94	0,68	0,57	0,56	0,52	0,54
TOT	0,93	0,74	0,62	0,59	0,56	0,55
TR-TOT (VAZIO)	-0,09	0,02	0,04	0,07	0,04	0,03
TR-TOT(100%)	0,01	-0,06	-0,05	-0,03	-0,03	-0,01

TRABALHO FINAL - ATUAL - AUDITÓRIO		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
AUDITÓRIO	91,791	278,475
		278,475

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51-2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM

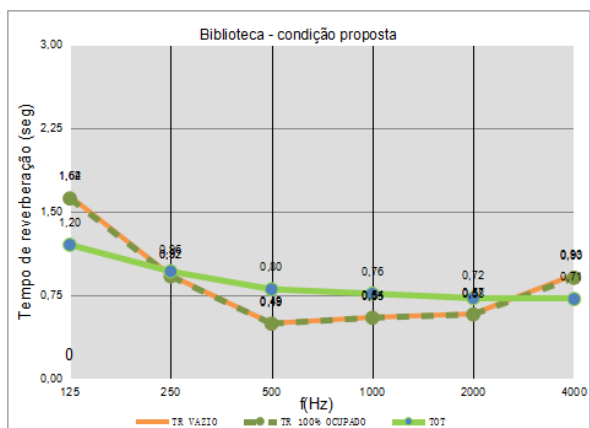


AUDITÓRIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	TÁBUAS DE MADEIRA	91,79	0,18	0,12	0,1	0,09	0,08	0,07
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	88,83	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3									
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	35,63	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
6	PAREDE A	VIDRO COMUM	3,88	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
7									
8									
9									
10	PAREDE B	ALVENARIA	18,19	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
11	PAREDE B	QUADRO BRANCO	2,4	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
12									
13									
14	PAREDE C	ALVENARIA	39,5	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
15									
16									
17									
18									
19	PAREDE D	ALVENARIA	20,3	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
20									
21									
22	OCUPAÇÃO (0%)	POLTRONA VAZIA	51	0,28	0,28	0,28	0,28	0,34	0,33
23	OCUPAÇÃO (100%)	POLTRONA OCUPADA	51	0,19	0,4	0,47	0,47	0,51	0,41
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	278,48	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
			351,51						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,1	0,08	0,08	0,08	0,09	0,1
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,09	0,1	0,11	0,11	0,12	0,11
TR VAZIO	1,21	1,45	1,48	1,47	1,32	1,22
TR 100% OCUPADO	1,4	1,19	1,1	1,09	1,03	1,09
TOT	0,93	0,74	0,62	0,59	0,56	0,55
TR-TOT (VAZIO)	0,28	0,71	0,86	0,88	0,76	0,67
TR-TOT(100%)	0,47	0,45	0,48	0,5	0,47	0,54

TRABALHO FINAL - PROPOSTA - BIBLIOTECA		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
BIBLIOTECA	365,274	1066,60008
		1066,60008

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51-2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM

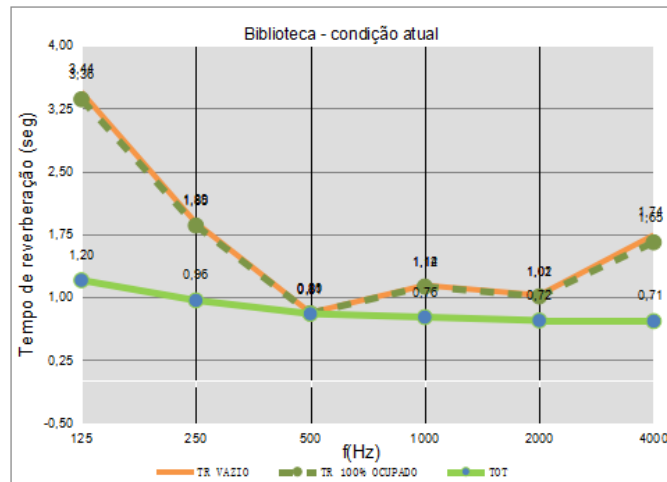


AUDITORIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	CERAMICA	365,27	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	307,67	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3	NUVEM ACUSTICA	PLACA SONEX ILLTEC 50mm	57,6	0,92	1,49	1,91	2,36	1,87	1,35
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	59,05	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
6	PAREDE A	JANELA ENVIDRAÇADA	25,6	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
7									
8	PAREDE B	ALVENARIA	36,79	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
9									
10									
11	PAREDE C	ALVENARIA	59,05	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
12		JANELA ENVIDRAÇADA	25,6	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
13									
14	PAREDE D	ALVENARIA	36,79	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
15	PAREDE D								
16									
17	MOBILIARIO	MESA	11,43	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1
18									
19	MOBILIARIO	ESTANTE DE LIVRO	186,82	0,11	0,33	0,9	0,6	0,68	0,3
20									
21									
22	OCUPAÇÃO (0%)	POLTRONA VAZIA	13,59	0,09	0,12	0,15	0,15	0,11	0,12
23	OCUPAÇÃO (100%)	POLTRONA OCUPADA	13,59	0,18	0,23	0,27	0,27	0,27	0,47
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	1066,6	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
			1185,27						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,09	0,15	0,26	0,23	0,22	0,15
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,09	0,15	0,26	0,24	0,22	0,15
TR VAZIO	1,64	0,92	0,49	0,55	0,58	0,93
TR 100% OCUPADO	1,62	0,92	0,49	0,54	0,57	0,9
TOT	1,2	0,96	0,8	0,76	0,72	0,71
TR-TOT (VAZIO)	0,44	-0,04	-0,31	-0,21	-0,14	0,22
TR-TOT(100%)	0,42	-0,04	-0,31	-0,22	-0,15	0,19

TRABALHO FINAL - ATUAL - BIBLIOTECA		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
BIBLIOTECA	365,274	1066,60008
		1066,60008

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51-2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM

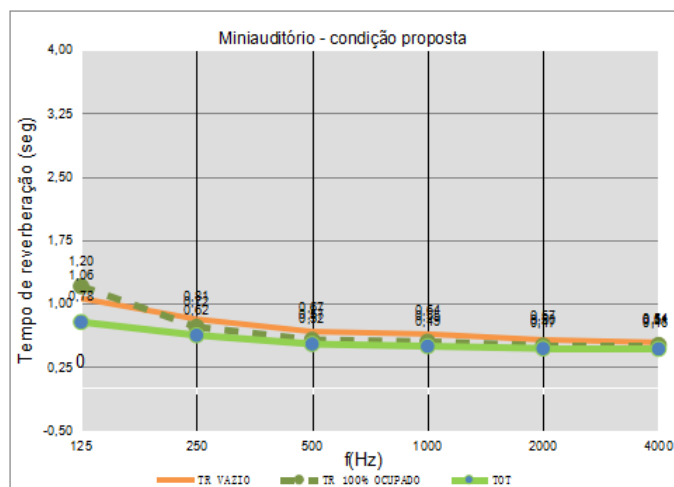


AUDITORIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	CERAMICA	365,27	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	365,27	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3									
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	59,05	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
6	PAREDE A	JANELA ENVIDRAÇADA	25,6	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
7									
8	PAREDE B	ALVENARIA	36,79	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
9									
10									
11	PAREDE C	ALVENARIA	59,05	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
12		JANELA ENVIDRAÇADA	25,6	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
13									
14	PAREDE D	ALVENARIA	36,79	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
15	PAREDE D								
16									
17	MOBILIARIO	MESA	11,43	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1
18									
19	MOBILIARIO	ESTANTE DE LIVRO	186,82	0,11	0,33	0,9	0,6	0,68	0,3
20									
21									
22	OCUPAÇÃO (0%)	POLTRONA VAZIA	13,59	0,09	0,12	0,15	0,15	0,11	0,12
23	OCUPAÇÃO (100%)	POLTRONA OCUPADA	13,59	0,18	0,23	0,27	0,27	0,27	0,47
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	1066,6	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
			1185,27						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,04	0,07	0,16	0,12	0,13	0,08
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,04	0,08	0,17	0,12	0,13	0,08
TR VAZIO	3,44	1,89	0,81	1,14	1,02	1,74
TR 100% OCUPADO	3,36	1,85	0,81	1,12	1,01	1,65
TOT	1,2	0,96	0,8	0,76	0,72	0,71
TR-TOT (VAZIO)	2,24	0,93	0,01	0,38	0,3	1,03
TR-TOT(100%)	2,16	0,89	0,01	0,36	0,29	0,94

TRABALHO FINAL - PROPOSTA - MINIAUDITORIO		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
MINIAUDITORIO	42,563	127,688
		127,688

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51-2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM

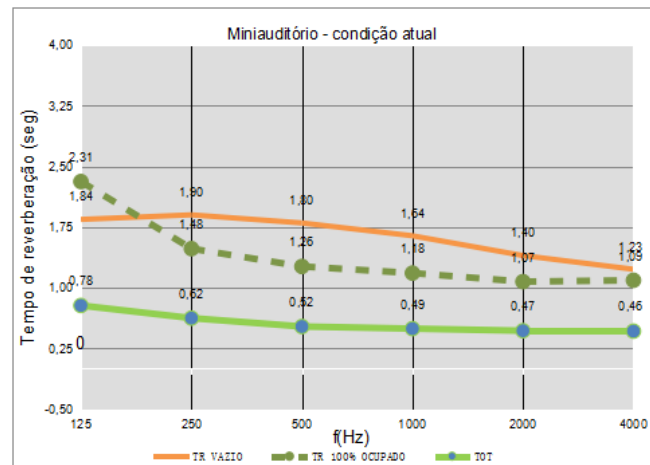


AUDITORIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	CERÂMICA	42,56	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	42,56	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3	NUVEM ACUSTICA	NUVEM DECOR IR50 REDONDA 1200	18,08	0,43	0,74	0,98	0,99	1,06	1,05
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	28,97	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
6	PAREDE A	VIDRO COMUM	3,48	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
7									
8									
9									
10	PAREDE B	ALVENARIA	9,6	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
11	PAREDE B	QUADRO BRANCO	2,4	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
12									
13									
14	PAREDE C	ALVENARIA	26,78	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
15	PAREDE C	JANELA ENVIDRAÇADA	5,18	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
16									
17									
18									
19	PAREDE D	ALVENARIA	12	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
20									
21									
22	OCUPAÇÃO (0%)	POLTRONA VAZIA	24	0,28	0,28	0,28	0,28	0,34	0,33
23	OCUPAÇÃO (100%)	POLTRONA OCUPADA	24	0,19	0,4	0,47	0,47	0,51	0,41
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	127,69	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
			215,61						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,16
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,08	0,12	0,16	0,16	0,17	0,17
TR VAZIO	1,06	0,81	0,67	0,64	0,57	0,54
TR 100% OCUPADO	1,2	0,72	0,57	0,55	0,5	0,51
TOT	0,78	0,62	0,52	0,49	0,47	0,46
TR-TOT (VAZIO)	0,28	0,19	0,15	0,14	0,1	0,08
TR-TOT(100%)	0,42	0,1	0,05	0,05	0,03	0,05

TRABALHO FINAL - ATUAL - MINIAUDITORIO		
AMBIENTE	AREA M ²	VOLUME M ³
MINIAUDITORIO	42,563	127,688
		127,688

	INTERVALO	RESULTADO
TOT-TR	0,00 - 0,5s	EXC
TOT-TR	0,51 - 1,5s	BOM
TOT-TR	1,51-2,5s	ACEITÁVEL
TOT-TR	>2,51s	RUIM



AUDITORIO									
COEFICIENTE DE REVERBERAÇÃO									
ITENS	SUPERFICIE	MATERIAL	AREA (m)	125	250	500	1000	2000	4000
1	PISO	CERÂMICA	42,56	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2	FORRO	REBOCO DE GESSO LISO	42,56	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3									
4									
5	PAREDE A	ALVENARIA	28,97	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
6	PAREDE A	VIDRO COMUM	3,48	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
7									
8									
9									
10	PAREDE B	ALVENARIA	9,6	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
11	PAREDE B	QUADRO BRANCO	2,4	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
12									
13									
14	PAREDE C	ALVENARIA	26,78	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
15	PAREDE C	JANELA ENVIDRAÇADA	5,18	0,2	0,15	0,1	0,07	0,05	0,02
16									
17									
18									
19	PAREDE D	ALVENARIA	12	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
20									
21									
22	OCUPAÇÃO (0%)	POLTRONA VAZIA	24	0,28	0,28	0,28	0,28	0,34	0,33
23	OCUPAÇÃO (100%)	POLTRONA OCUPADA	24	0,19	0,4	0,47	0,47	0,51	0,41
24	TEMP/UMIDADE	60,00%	127,69	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
			197,53						

	125	250	500	1000	2000	4000
ABSORÇÃO SALA VAZIA.	0,06	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08
ABSORÇÃO DA SALA 100%	0,04	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09
TR VAZIO	1,84	1,9	1,8	1,64	1,4	1,23
TR 100% OCUPADO	2,31	1,48	1,26	1,18	1,07	1,09
TOT	0,78	0,62	0,52	0,49	0,47	0,46
TR-TOT (VAZIO)	1,06	1,28	1,28	1,15	0,93	0,76
TR-TOT(100%)	1,53	0,86	0,74	0,69	0,61	0,63