

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ITAQUERA
PROFESSOR MIGUEL REALE

EMERSON BENEDITO SILVA
PAULO VIEIRA DE MELO JUNIOR
JANILTON MARTINS DE OLIVEIRA

CÁLCULOS DE CARGA TÉRMICA PARA UMA ACADEMIA

São Paulo

2026

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ITAQUERA
PROFESSOR MIGUEL REALE

EMERSON BENEDITO SILVA
PAULO VIEIRA DE MELO JUNIOR
JANILTON MARTINS DE OLIVEIRA

CÁLCULOS DE CARGA TÉRMICA PARA UMA ACADEMIA

Projeto acadêmico elaborado como requisito parcial para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Refrigeração, Ventilação e Ar-condicionado.

Orientador(a): Prof.^a Dr^a Telma Nagano de Moura

São Paulo
2026

FOLHA DE APROVAÇÃO

EMERSON BENEDITO SILVA
PAULO VIEIRA DE MELO JUNIOR
JANILTON MARTINS DE OLIVEIRA

CÁLCULOS DE CARGA TÉRMICA PARA UMA ACADÊMIA

Trabalho de Conclusão de Curso elaborado
como requisito parcial para conclusão do
Curso Superior de Tecnologia em
Refrigeração, Ventilação e Ar-condicionado.

Orientador(a): Prof.^a Dr^a Telma Nagano de
Moura

Aprovado em: 13 / 06 / 2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra Telma Nagano de Moura

Assinatura: _____

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data 13 / 06 / 2026

Prof. Me. Francisco José de Oliveira Maia

Assinatura: _____

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data 13 / 06 / 2026

Prof. Me. Paulo José Maria Filho

Assinatura: _____

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data 13 / 06 / 2026

RESUMO

O presente trabalho apresenta o estudo e o dimensionamento da carga térmica de uma academia localizada na cidade de São Paulo, com o objetivo de subsidiar o desenvolvimento do projeto de climatização a ser elaborado no Trabalho de Conclusão de Curso. O levantamento baseou-se em dados reais da edificação, em informações técnicas do relatório *Cálculo de Carga Térmica – Academia.pdf* e na aplicação do método *Transfer Function Method* (TFM), reconhecido pela ASHRAE por sua precisão na análise dinâmica de cargas térmicas. Foram considerados elementos como transmissão térmica pelas superfícies, cargas internas oriundas de iluminação, equipamentos e ocupação, além da ventilação mecânica e infiltração de ar. Os resultados indicam que a zona principal da academia apresenta carga térmica total próxima de 192 kW, com predominância de calor sensível decorrente de equipamentos e calor metabólico dos usuários. A metodologia adotada mostrou-se eficiente para determinar as necessidades reais de climatização, permitindo prever condições adequadas de conforto térmico e eficiência energética. O estudo estabelece, assim, uma base sólida para o desenvolvimento do projeto de climatização, contribuindo para soluções tecnicamente seguras, ambientalmente responsáveis e alinhadas às normas vigentes.

Palavras-chave: Carga térmica. Climatização. Eficiência energética. Conforto térmico. TFM. Academia. Engenharia térmica.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. Justificativas	7
1.2. Objetivo Geral.....	7
1.3. Objetivos Específicos.....	8
1.4. Delimitações	8
2. REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1. Conforto térmico em ambientes de exercício físico	9
2.2. Fundamentos de carga térmica em edificações.....	11
2.3. Sistemas de climatização e eficiência energética.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Caracterização do empreendimento	18
4.2 Análise da carga térmica da área principal	24
4.3 Influência da ventilação e renovação de ar	30
4.4 Análise das cargas térmicas das áreas secundárias.....	33
4.5 Discussão sobre o sistema de climatização adotado.....	35
5. CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	40
APÊNDICE A - (CÁLCULOS HAP)	41
APÊNDICE B - (CÁLCULOS MANUAIS).....	43

1. INTRODUÇÃO

O dimensionamento da carga térmica de sistemas de climatização em ambientes de alta ocupação, como academias, constitui um elemento essencial para a promoção do conforto térmico, eficiência energética e preservação da saúde dos usuários. Em locais destinados à prática de atividades físicas, a geração de calor metabólico é significativamente elevada, o que exige uma análise técnica minuciosa da dinâmica térmica interna. Estudos recentes mostram que o esforço físico intenso pode elevar a temperatura corporal dos praticantes, aumentando a necessidade de estratégias adequadas de controle térmico para evitar riscos como desidratação e hipertermia (DE KORTE et al., 2021).

Além disso, as mudanças climáticas, associadas ao aumento da frequência de ondas de calor e à elevação das temperaturas médias, tornam o papel dos sistemas de climatização ainda mais relevante (CARVALHO; FREITAS, 2021). Ambientes urbanos densos, como o município de São Paulo, enfrentam desafios adicionais decorrentes do acúmulo de carga térmica oriunda de edificações, elevada ocupação humana e intenso uso de equipamentos eletrônicos. Assim, projetar sistemas de ar-condicionado com base em metodologias rigorosas e cálculos precisos torna-se fundamental para garantir desempenho adequado e evitar o consumo energético excessivo.

O processo de dimensionamento de carga térmica também exerce impacto direto sobre a eficiência energética das edificações. Segundo Inácio e Erthal Junior (2017), metodologias de dimensionamento bem aplicadas resultam em sistemas com maior desempenho operacional, menor consumo de energia e menores custos de manutenção. Dessa forma, a avaliação criteriosa dos fatores que compõem a carga térmica transmissão pelas superfícies, carga interna, ventilação e infiltração torna-se indispensável para qualquer projeto de climatização profissional.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta o levantamento e a análise do cálculo da carga térmica de uma academia localizada na cidade de São Paulo, utilizando dados de planta e resultados obtidos por meio de software especializado. A partir desta análise, busca-se fundamentar a elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso final, no qual será desenvolvido o projeto completo de climatização.

1.1. Justificativas

A elaboração deste estudo se justifica pela necessidade crescente de garantir conforto térmico em ambientes destinados à prática de exercícios físicos, que possuem características térmicas desafiadoras devido à alta densidade ocupacional e ao elevado calor metabólico dos usuários. Conforme destacado por De Korte et al. (2021), a prática de exercícios em ambientes quentes pode comprometer o desempenho físico e representar riscos à saúde, exigindo condições ambientais bem controladas.

Outro ponto relevante é a demanda por soluções que conciliem conforto térmico e eficiência energética. O setor de climatização responde por uma parcela significativa do consumo de energia elétrica em edificações urbanas, e a adoção de técnicas adequadas de dimensionamento é essencial para evitar sistemas superdimensionados, que elevam o consumo, ou subdimensionados, que comprometem o conforto (FERREIRA et al., 2023).

Também se destaca a necessidade de embasamento técnico rigoroso para o projeto de climatização da academia. Estudos como o de Oliveira (2024), que tratam de projetos de climatização para academias, demonstram que ambientes deste tipo apresentam particularidades que exigem análise detalhada de áreas, equipamentos, taxas de ventilação e ocupação.

Por fim, há ainda uma motivação social e ambiental: sistemas de climatização bem projetados contribuem para reduzir impactos energéticos e se alinham às recomendações de sustentabilidade ambiental discutidas por Silva, Mendes e Costa (2020) e Souza e Almeida (2022), reforçando a necessidade de práticas de engenharia comprometidas com a mitigação das mudanças climáticas.

1.2. Objetivo Geral

Realizar o levantamento e a análise do dimensionamento da carga térmica de uma academia localizada em São Paulo, com base em dados arquitetônicos e resultados obtidos por software especializado, visando embasar o desenvolvimento do projeto completo de climatização a ser apresentado no Trabalho de Conclusão de Curso.

1.3. Objetivos Específicos

- Identificar os principais componentes da carga térmica do ambiente, incluindo transmissão, iluminação, equipamentos, ventilação, infiltração e calor metabólico dos usuários.
- Analisar os resultados gerados pelo software de cálculo de carga térmica e comparar com valores de referência presentes na literatura.
- Verificar a adequação do dimensionamento em relação às normas técnicas aplicáveis e às exigências de ambientes destinados à prática de exercícios físicos.
- Avaliar o impacto da ocupação, iluminação, equipamentos e condições climáticas externas sobre o comportamento térmico da academia.
- Reunir subsídios técnicos e metodológicos que servirão de base para o desenvolvimento do projeto completo de climatização.

1.4. Delimitações

Este estudo se delimita ao levantamento e análise do cálculo da carga térmica da academia, considerando:

- Uso exclusivo dos dados fornecidos na planta arquitetônica e nos relatórios de cálculo térmico obtidos através do software.
- Foco em ambientes internos climatizados, não abrangendo áreas externas ou semiabertas.
- Utilização de dados climáticos referentes à cidade de São Paulo, conforme adotado pelo software de simulação.
- A análise limita-se à interpretação técnica dos resultados, sem alteração dos parâmetros já estabelecidos no software utilizado.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Conforto térmico em ambientes de exercício físico

O conforto térmico em ambientes destinados à prática de exercícios físicos é um tema central em estudos de engenharia térmica, fisiologia e projetos de climatização. Em academias, o microclima interno é especialmente complexo, pois envolve elevadas taxas metabólicas dos usuários, grande ocupação simultânea e uso contínuo de equipamentos que dissipam calor. De acordo com De Korte et al. (2021), “o corpo humano, durante o exercício, aumenta substancialmente a produção de calor metabólico, exigindo mecanismos termo regulatórios eficientes para manter a homeostase” (DE KORTE et al., 2021, p. 2425).

Além disso, condições térmicas inadequadas podem prejudicar significativamente tanto o conforto quanto o desempenho dos praticantes. Estudos recentes demonstram que temperaturas internas elevadas especialmente acima de 26 °C — aumentam a percepção de esforço, reduzem o desempenho e elevam o risco de desidratação e exaustão térmica, tornando essencial o controle adequado da temperatura, umidade e ventilação.

Nesse sentido, o dimensionamento térmico adequado de academias deve considerar especialmente o calor sensível e o calor latente gerado pelos usuários, além das cargas internas típicas desses ambientes. Como afirma Oliveira (2024), em seu projeto de climatização para uma academia no Rio de Janeiro, “o comportamento térmico de academias apresenta elevada complexidade devido à interação simultânea de fatores metabólicos, ocupacionais, construtivos e ambientais” (OLIVEIRA, 2024, p. 18).

Assim, compreender as respostas fisiológicas ao calor, os impactos no desempenho esportivo e as recomendações normativas sobre ventilação e qualidade do ar interior torna-se fundamental para fundamentar tecnicamente o dimensionamento da carga térmica do ambiente estudado.

Durante o exercício físico, a produção de calor metabólico pode aumentar de 5 a 10 vezes em relação ao estado de repouso, dependendo da intensidade da atividade. Para manter a temperatura corporal dentro dos limites fisiológicos geralmente entre 36,5 °C e 38,0 °C o corpo humano ativa mecanismos termo regulatórios como a vasodilatação periférica e a sudorese (DE KORTE et al., 2021, p.

2433). Segundo De Korte et al. (2021), “a sudorese evaporativa é o principal mecanismo de dissipação de calor durante exercícios moderados e intensos, especialmente em ambientes quentes e úmidos” (p. 2430).

Contudo, para que a sudorese seja efetiva, o ambiente deve apresentar níveis adequados de temperatura, umidade e movimentação de ar. Umidade relativa elevada, comum em academias com ventilação insuficiente, dificulta a evaporação do suor, reduzindo a capacidade corporal de dissipar calor e aumentando o risco de hipertermia.

A literatura também destaca que a ventilação adequada é determinante para o conforto térmico. Estudos de Silva, Mendes e Costa (2020) mostram que a ausência de renovação de ar compromete a eficiência da troca térmica entre o corpo e o ambiente e pode favorecer a concentração de CO₂ e odores desagradáveis, afetando diretamente a sensação térmica dos ocupantes.

Em academias, onde o número de usuários é elevado e o esforço físico é contínuo, tais fatores são ainda mais críticos. Assim, o projeto de climatização deve garantir temperaturas internas entre 22 °C e 25 °C, umidade relativa entre 50% e 65% e taxa de renovação de ar de acordo com normas técnicas, para assegurar condições fisiológicas adequadas aos praticantes.

O calor excessivo está entre os principais fatores que prejudicam o desempenho esportivo. Quando a temperatura interna se eleva e os mecanismos de dissipação de calor tornam-se insuficientes, ocorre aumento da temperatura corporal central, da frequência cardíaca e da taxa de sudorese. Esses fatores contribuem para a percepção aumentada de esforço e reduzem a capacidade de manter a intensidade do exercício.

De Korte et al. (2021) observaram que atletas submetidos a exercícios em ambientes quentes apresentaram queda significativa no desempenho devido ao acúmulo de calor interno e à limitação dos mecanismos de termorregulação. Segundo os autores, “o estresse térmico promove queda no rendimento físico, aumento da fadiga e comprometimento da eficiência motora” (DE KORTE et al., 2021, p. 2433).

Além do declínio fisiológico, o desconforto térmico prejudica a permanência dos usuários na academia, impactando negativamente a qualidade do ambiente e a satisfação dos clientes. Estudos de Carvalho e Freitas (2021) reforçam que ambientes inadequadamente climatizados tendem a gerar maior consumo energético, uma vez que os usuários buscam meios adicionais de resfriamento, como ventiladores

improvisados e aberturas de janelas, interferindo no desempenho do sistema de climatização.

Portanto, garantir condições térmicas adequadas não é apenas uma questão de conforto, mas também de desempenho e segurança. O dimensionamento correto da carga térmica contribui diretamente para manter o ambiente dentro dos limites recomendados, assegurando estabilidade térmica mesmo nos períodos de maior ocupação.

Ambientes de prática esportiva exigem padrões rigorosos de qualidade do ar interior, devido à alta taxa de respiração dos usuários e à necessidade de evitar a concentração de dióxido de carbono, odores, umidade e partículas em suspensão. Segundo Souza e Almeida (2022), soluções arquitetônicas e ventilatórias adequadas são essenciais para garantir ambientes internos saudáveis e confortáveis, especialmente em regiões urbanas densas.

As normas técnicas nacionais e internacionais recomendam taxas de renovação de ar mais elevadas para academias, quando comparadas a outros ambientes comerciais. A ABNT NBR 16401-3_2008, por exemplo, recomenda taxas mínimas de 27 a 30 m³/h por pessoa, equivalentes a aproximadamente 7,5 L/s por pessoa valor também adotado no cálculo térmico presente no relatório técnico da academia analisada.

2.2. Fundamentos de carga térmica em edificações

O cálculo da carga térmica em edificações é um dos pilares fundamentais para o projeto de sistemas de climatização eficientes, pois possibilita determinar a quantidade de calor que deve ser removida ou adicionada a um ambiente a fim de manter condições adequadas de conforto térmico.

Segundo Ferreira et al. (2023), o dimensionamento da carga térmica é “uma etapa essencial para garantir que o sistema de condicionamento de ar opere de forma eficiente, evitando tanto o subdimensionamento, que compromete o conforto térmico, quanto o superdimensionamento, que representa desperdício energético”. Trata-se, portanto, de um processo técnico essencial, que envolve não apenas cálculos matemáticos, mas também o entendimento profundo das características físicas, construtivas e operacionais do ambiente analisado.

O correto dimensionamento exige a consideração simultânea de múltiplos fatores, como a transmissão térmica pelas superfícies da edificação, as cargas internas provenientes da iluminação, dos equipamentos e da ocupação humana, bem como os efeitos da ventilação mecânica e da infiltração de ar.

Inácio e Erthal Junior (2017) reforçam que compreender a interação entre esses elementos permite “otimizar o desempenho energético das edificações e reduzir significativamente o consumo de energia associado à climatização”, destacando que uma análise inadequada geralmente leva a sistemas ineficientes, consumo excessivo e desconforto térmico para os ocupantes.

No caso específico de academias, esses fatores tornam-se ainda mais relevantes, pois nesses ambientes há grande concentração de pessoas e elevada taxa metabólica decorrente da prática de atividade física, o que amplia substancialmente a carga térmica interna. Além disso, equipamentos de ginástica, como esteiras, bicicletas ergométricas e elípticos, dissipam calor continuamente, no qual a área principal demonstra cargas sensíveis e latentes significativamente elevadas, impactando diretamente o dimensionamento do sistema central de climatização.

A transmissão térmica, uma das parcelas essenciais da carga térmica total, ocorre pela transferência de calor através de superfícies como tetos, paredes, janelas e pisos, podendo manifestar-se por condução, convecção ou radiação. De acordo com Silva, Costa e Almeida (2021), “o fluxo térmico que atravessa os elementos construtivos de uma edificação depende das propriedades dos materiais, da espessura, da área da superfície e da diferença de temperatura entre o ambiente interno e o externo”.

Dessa forma, superfícies pouco isoladas ou construídas com materiais de baixa resistência térmica tendem a aumentar a carga térmica, especialmente em climas quentes. No relatório da academia, observa-se que a cobertura da área principal (735 m²) corresponde a uma carga térmica por transmissão de 36.528 W, evidenciando o impacto que superfícies extensas e expostas exercem no balanço térmico total do ambiente.

As cargas internas, por sua vez, representam outra parcela expressiva do calor gerado no ambiente. A iluminação, especialmente em grandes áreas comerciais, contribui de forma significativa para a carga sensível. Oliveira (2024) demonstra que ambientes como salas de musculação podem apresentar densidades de iluminação

entre 20 e 30 W/m², devido à necessidade de luminância adequada para segurança e estética. No relatório técnico da academia analisada, a iluminação totaliza 22.050 W, reforçando seu impacto direto no dimensionamento do sistema.

Além disso, os equipamentos de ginástica constituem uma fonte importante de calor sensível. Carvalho et al. (2021) afirmam que “equipamentos eletromecânicos em academias contribuem de forma relevante para o aumento da temperatura interna, exigindo dimensionamento térmico específico”, o que se confirma no relatório técnico, onde os equipamentos respondem por 58.800 W de carga térmica sensível.

Outro componente crucial das cargas internas é a ocupação. Em academias, o calor metabólico dos usuários é especialmente elevado devido ao esforço físico, podendo atingir entre 400 e 700 W por pessoa em exercícios moderados, aumentando ainda mais em atividades vigorosas. De Korte et al. (2021) reforçam que durante exercícios intensos “o calor metabólico pode ultrapassar 1.000 W por pessoa”, demonstrando o quanto esse fator pode impactar a climatização. No cálculo da academia analisada, os 100 usuários simultâneos adicionam 11.000 W de calor sensível e 18.500 W de calor latente, evidenciando o peso significativo da ocupação humana no dimensionamento térmico total.

A ventilação e a infiltração também representam parcelas importantes na carga térmica de um ambiente climatizado. A ventilação mecânica tem a função de garantir renovação de ar para manutenção da qualidade do ar interior, diluição de CO₂, controle de odores e redução de contaminantes. Souza e Almeida (2022) destacam que “a renovação adequada de ar é indispensável em ambientes de grande ocupação, praticamente integrando-se à própria função dos sistemas de climatização”.

A infiltração, embora menos controlável, também contribui para o aumento da carga térmica, podendo representar até 5–15% da carga total em ambientes comerciais, segundo Ferreira et al. (2023). O relatório técnico da academia evidencia infiltrações variando entre 14 e 16 W, dependendo da zona analisada.

Outro método amplamente utilizado é o *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD - ASHARE), que se baseia em tabelas simplificadas que relacionam radiação solar, orientação e propriedades térmicas dos materiais, sendo ideal para cálculos simplificados. O método *Radiant Time Series* (RTS) representa uma evolução do CLTD, considerando séries temporais da radiação e a resposta térmica dos materiais, o que, segundo Carvalho e Freitas (2021), “melhora significativamente a precisão das estimativas de carga térmica em ambientes comerciais e industriais”.

2.3. Sistemas de climatização e eficiência energética

Os sistemas de climatização desempenham papel fundamental na garantia do conforto térmico, da qualidade do ar interior e da conservação das condições ambientais adequadas em edificações. Em ambientes como academias, que apresentam elevadas cargas internas de calor e grande densidade ocupacional, a climatização é essencial não apenas para o conforto, mas também para a segurança dos usuários.

Segundo Silva, Mendes e Costa (2020), “os sistemas de climatização são componentes estratégicos na mitigação dos efeitos térmicos e na manutenção da qualidade ambiental, sobretudo em edificações urbanas de grande ocupação”. Assim, compreender o funcionamento desses sistemas e suas implicações energéticas torna-se imprescindível para o dimensionamento adequado da carga térmica e para a eficiência operacional das instalações.

Estudos recentes destacam que a eficiência energética em sistemas de ar-condicionado é um fator cada vez mais relevante nas discussões sobre sustentabilidade, devido ao crescente consumo de energia em centros urbanos e ao aumento das exigências normativas. Carvalho e Freitas (2021) observam que tecnologias emergentes e práticas de eficiência energética são fundamentais para reduzir os impactos das altas temperaturas e dos sistemas de climatização sobre o consumo energético global.

Os sistemas de ar-condicionado (AC) operam por meio da remoção de calor do ar interior e da sua transferência para o ambiente externo, por processos de refrigeração mecânica ou de condicionamento de ar. A maioria dos sistemas utilizados em academias e edifícios comerciais é baseada no ciclo de refrigeração por compressão, composto por quatro componentes fundamentais: compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador.

Segundo Ferreira et al. (2023), o evaporador tem a função de absorver o calor sensível e latente presentes no ambiente, enquanto o condensador libera esse calor para o meio externo após comprimir o fluido refrigerante. O controle da umidade é realizado simultaneamente à remoção de calor latente, garantindo maior conforto térmico e melhor qualidade do ar interior.

A eficiência energética é um fator determinante no desempenho de sistemas de climatização, especialmente em edificações de grande demanda térmica.

Conforme apontado por Carvalho e Freitas (2021), a adoção de tecnologias eficientes e práticas de gestão térmica permite reduzir significativamente o consumo energético e mitigar os efeitos do aumento das temperaturas urbanas.

Entre as principais estratégias de eficiência energética aplicáveis a academias, destacam-se:

a) Utilização de equipamentos com alta eficiência: Compressores *inverter*, trocadores de calor otimizados e ventiladores de velocidade variável são exemplos de equipamentos que reduzem o consumo energético sem comprometer o desempenho.

b) Controle avançado de carga térmica: Sensores de CO₂, termostatos inteligentes e automação predial permitem ajustar o sistema de climatização à ocupação real, evitando funcionamento desnecessário em horários de baixa demanda.

c) Ventilação mecânica eficiente: Conforme Souza e Almeida (2022), a ventilação adequada deve ser projetada de forma a garantir renovação de ar suficiente, porém com mínima perda energética. Recuperadores de calor (ERV/HRV) também podem reduzir significativamente a carga térmica associada à ventilação.

d) Iluminação eficiente e controle de ganhos internos: Como observado no relatório da academia, a iluminação gera 22.050 W de calor sensível na área principal, influenciando diretamente a carga térmica total. A utilização de iluminação LED e sensores de presença reduz tanto o consumo quanto o calor gerado.

e) Isolamento térmico das superfícies: Melhorias no isolamento da cobertura e paredes podem reduzir de forma significativa a transmissão térmica. O relatório da academia demonstra que a cobertura sozinha gera 36.528 W de carga térmica por transmissão, evidenciando o impacto de superfícies extensas e pouco isoladas.

A climatização, embora essencial para o conforto térmico, representa um dos setores que mais consome energia elétrica no mundo e figura entre as principais fontes de uso de gases refrigerantes com potencial de aquecimento global. Silva, Mendes e Costa (2020) destacam que a adoção de energias renováveis e tecnologias sustentáveis é fundamental “na mitigação das mudanças climáticas e na redução dos impactos ambientais causados pela crescente demanda por climatização”.

Além disso, o aumento das temperaturas globais tende a elevar a necessidade de sistemas de refrigeração, criando um ciclo de retroalimentação: quanto mais quente o clima, maior o uso de ar-condicionado; quanto maior o uso de ar-condicionado, maior a emissão de CO₂ e de gases refrigerantes, contribuindo ainda

mais para o aquecimento global. Carvalho et al. (2021) indicam que estratégias de eficiência energética são imprescindíveis para romper esse ciclo, promovendo equilíbrio entre conforto térmico e responsabilidade ambiental.

Os impactos ambientais da climatização também estão ligados à escolha do fluido refrigerante. Gases como R-410A e R-22 possuem elevado Potencial de Aquecimento Global (GWP), enquanto alternativas como R-32, R-454B e CO₂ têm sido exploradas como opções mais sustentáveis.

Além disso, edificações bem projetadas reduzem a necessidade de climatização artificial. Souza e Almeida (2022) defendem que soluções arquitetônicas inteligentes como ventilação natural cruzada, uso de materiais sustentáveis e fachadas de proteção solar podem diminuir a carga térmica antes mesmo que ela chegue ao sistema de climatização.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada neste estudo baseou-se na análise detalhada da carga térmica de uma academia utilizando dados reais da edificação, parâmetros ambientais de projeto e resultados obtidos através do software *Hourly Analysis Program (HAP)*, desenvolvido pela Carrier. O HAP é um software profissional amplamente utilizado em projetos de climatização e dimensionamento térmico, permitindo simulações detalhadas das condições internas e externas da edificação ao longo do tempo.

A utilização do software *Hourly Analysis Program (HAP)*, da Carrier, baseado em metodologias reconhecidas pela ASHRAE para cálculo de carga térmica, permitiu representar de forma precisa o comportamento térmico da academia e determinar as cargas sensíveis e latentes de cada zona analisada.

Inicialmente, a academia foi dividida em quatro zonas térmicas distintas: Recepção + Academia, Gerência, Colaboradores e SPA. Cada ambiente foi modelado individualmente de acordo com suas características específicas de área, ocupação, iluminação, equipamentos, ventilação e superfícies de transmissão térmica. A principal zona analisada foi a área Recepção + Academia, com 735 m², responsável pela maior parcela da carga térmica total da edificação. As demais áreas apresentaram dimensões reduzidas, variando entre 7 m² e 11 m², destinadas às atividades administrativas e de apoio.

Todos os parâmetros necessários para o cálculo da carga térmica foram inseridos no software HAP, incluindo temperatura interna de projeto de 23 °C, temperatura de insuflação do ar de 11 °C, condições climáticas da cidade de São Paulo, taxa de ventilação de 7,5 L/s por pessoa e fator de segurança de 5% para cargas sensíveis e latentes. As simulações consideraram temperaturas externas de bulbo seco próximas de 30 °C e bulbo úmido em torno de 20,4 °C, conforme os dados climáticos utilizados pelo programa.

Com base nos parâmetros inseridos, o software gerou os valores de carga térmica sensível e latente para cada zona, além das contribuições individuais de transmissão térmica, iluminação, equipamentos, ocupação humana, ventilação e infiltração de ar. Na área principal da academia, a carga térmica total calculada foi de aproximadamente 192,1 kW, sendo 166,3 kW referentes à carga sensível. Entre as principais parcelas consideradas destacam-se a transmissão pela cobertura, iluminação, equipamentos de musculação e exercícios aeróbicos, calor metabólico dos usuários e ventilação mecânica.

O software também determinou automaticamente a vazão de ar necessária para suprir a carga térmica da zona principal, resultando em aproximadamente 12.057 L/s, valor compatível com ambientes de elevada densidade ocupacional e grande geração de calor metabólico, como academias. Essa vazão garante que o ar insuflado seja capaz de absorver a carga térmica total e manter as condições internas de conforto térmico mesmo nos horários de pico.

As demais zonas apresentaram cargas térmicas proporcionais às suas características de ocupação e área útil. A zona Gerência apresentou carga total de aproximadamente 2,3 kW, enquanto Colaboradores e SPA apresentaram cargas de 2,1 kW e 1,4 kW, respectivamente. Todas as áreas foram simuladas utilizando sistemas do tipo Single Zone CAV, operando com ventilação mecânica e insuflação de ar previamente definida pelo software.

Além disso, o cálculo térmico contemplou infiltrações de ar e cargas adicionais provenientes da ventilação externa, assegurando maior precisão nos resultados e conformidade com as recomendações normativas aplicáveis à climatização de ambientes de grande ocupação.

Por fim, os resultados obtidos por meio do software HAP permitiram determinar de forma precisa a carga térmica necessária para o dimensionamento dos sistemas de climatização da academia, fornecendo suporte técnico para o desenvolvimento do

projeto ar-condicionado e garantindo condições adequadas de conforto térmico, eficiência energética e renovação de ar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do empreendimento

O empreendimento analisado consiste em uma academia do tipo retrofit localizada na Av. Oratório, nº 4500, bairro Jardim Guairaca, município de São Paulo – SP, desenvolvida para atender atividades de condicionamento físico, musculação, cárdio, peso livre, alongamento e áreas de apoio administrativo e operacional. O projeto executivo de climatização e ventilação mecânica foi elaborado considerando as características arquitetônicas do ambiente, a elevada ocupação simultânea e a intensa geração de calor metabólico típica de academias.

A edificação apresenta grande área útil climatizada, com destaque para a zona principal composta pelos setores de recepção, musculação, cárdio e peso livre. Esses ambientes possuem pé-direito elevado, chegando a aproximadamente 6,80 m em determinados setores, fator que influencia diretamente o volume de ar interno e, conseqüentemente, o dimensionamento do sistema de climatização. Além disso, a presença contínua de equipamentos eletromecânicos, iluminação artificial e elevada circulação de pessoas contribui significativamente para o aumento das cargas térmicas internas.

Segundo Oliveira (2024), academias apresentam comportamento térmico complexo devido à interação simultânea entre ocupação humana intensa, calor metabólico elevado, equipamentos de exercício e características construtivas específicas da edificação. Essa combinação exige análises detalhadas para garantir conforto térmico, eficiência energética e adequada renovação do ar interior.

Da mesma forma, De Korte et al. (2021) destacam que ambientes destinados à prática de exercícios físicos necessitam de controle térmico rigoroso, pois o aumento da temperatura interna associado ao esforço físico pode comprometer o desempenho dos usuários e elevar riscos fisiológicos relacionados ao estresse térmico.

O projeto arquitetônico da academia foi dividido em diferentes setores funcionais, incluindo recepção, áreas de musculação, cárdio, peso livre, SPA, gerência, vestiários, áreas técnicas e ambientes destinados aos colaboradores. Cada

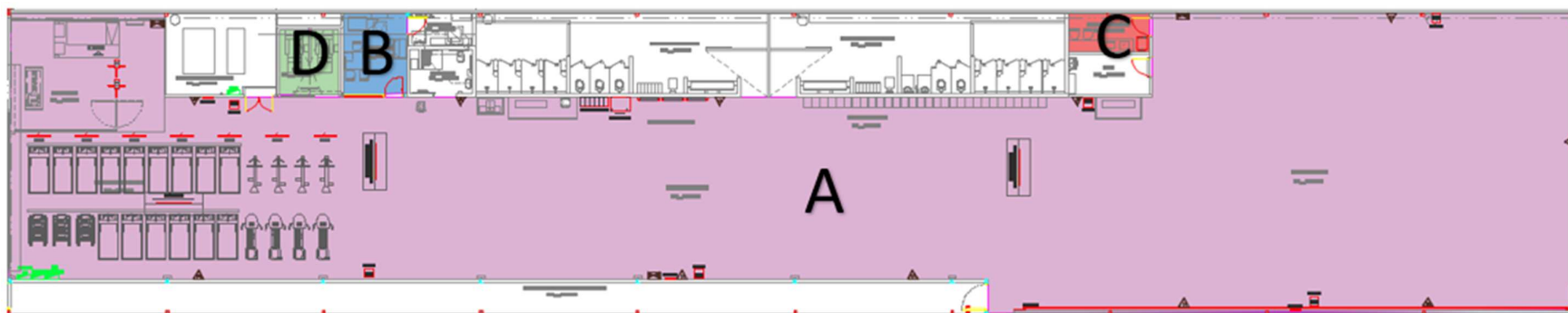
ambiente apresenta características específicas de ocupação, utilização e demanda térmica, exigindo tratamento individualizado durante o processo de cálculo da carga térmica.

Além disso, o sistema de climatização adotado foi projetado para operar com ventilação mecânica e renovação contínua de ar, atendendo às exigências normativas relacionadas à qualidade do ar interior. O projeto executivo prevê a utilização de equipamentos do tipo Single Zone CAV, sistemas de insuflação e retorno de ar, exaustão mecânica e distribuição de ar através de dutos isolados termicamente.

O empreendimento também contempla áreas técnicas destinadas à instalação de condensadoras, evaporadoras, ventiladores e infraestrutura frigorígena, permitindo a operação integrada do sistema de climatização. Conforme observado no projeto executivo, foram especificados equipamentos Carrier com capacidade aproximada total de 61 TR, utilizando fluidos refrigerantes ecológicos R-410A e R-32, contribuindo para maior eficiência energética e redução de impactos ambientais.

Conforme apresentado na Figura 1, a academia possui setores distintos destinados às atividades de musculação, cárdio, peso livre, alongamento, recepção e áreas administrativas. Observa-se que a maior concentração de área útil climatizada se encontra nos ambientes de treino, os quais apresentam elevada densidade ocupacional e grande quantidade de equipamentos eletromecânicos. Essas características influenciam diretamente o aumento da carga térmica interna e justificam a necessidade de um sistema de climatização de maior capacidade.

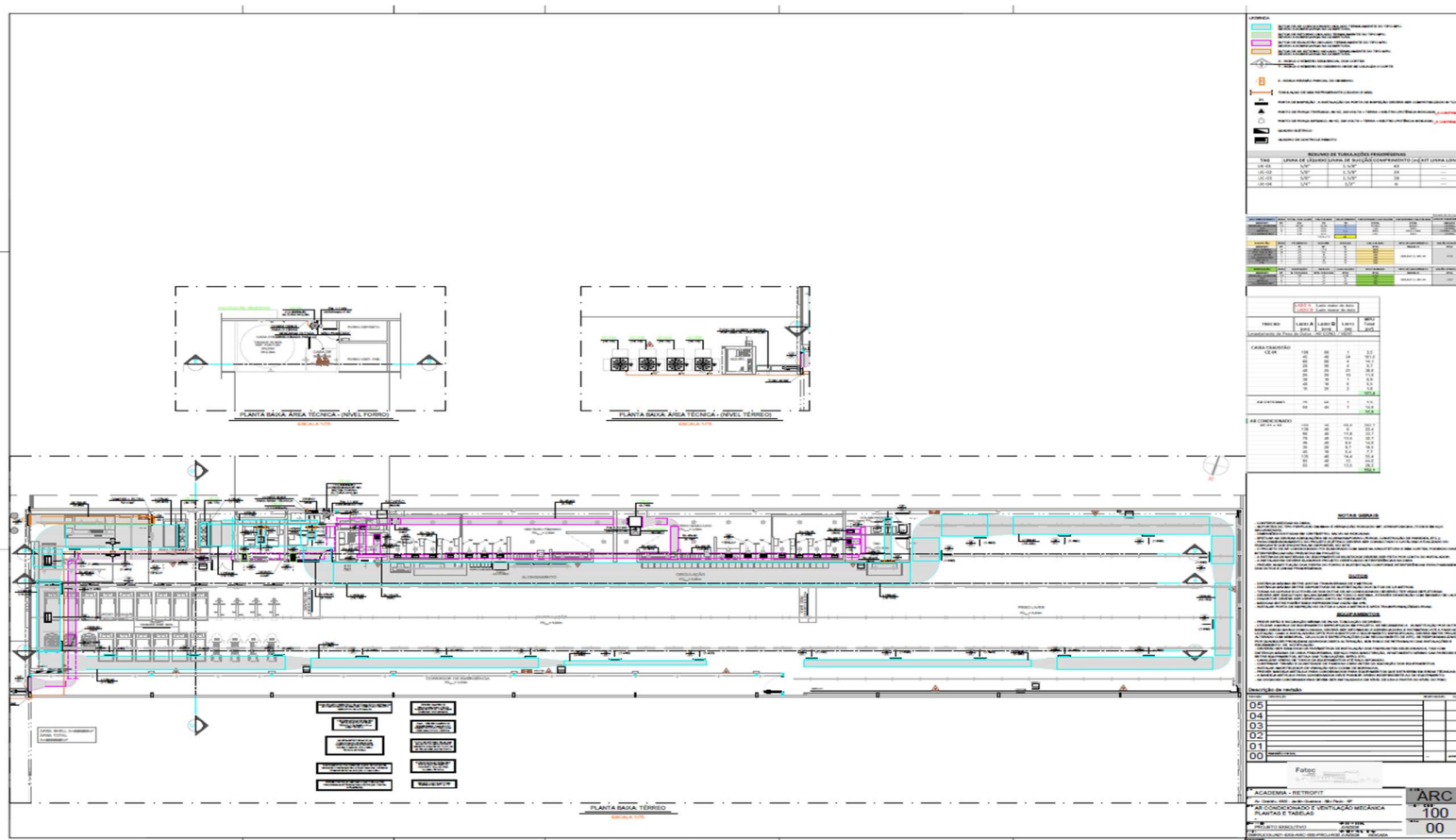
Figura 1: Planta baixa da academia contendo as Zonas térmicas



Zona térmica	Área aproximada	Característica principal
Recepção + Academia [A]	735 m ²	treino, cárdio, peso livre e recepção
Gerência [B]	11 m ²	ambiente administrativo
Colaboradores [C]	7 m ²	área de apoio operacional
SPA [D]	8 m ²	atendimento e relaxamento

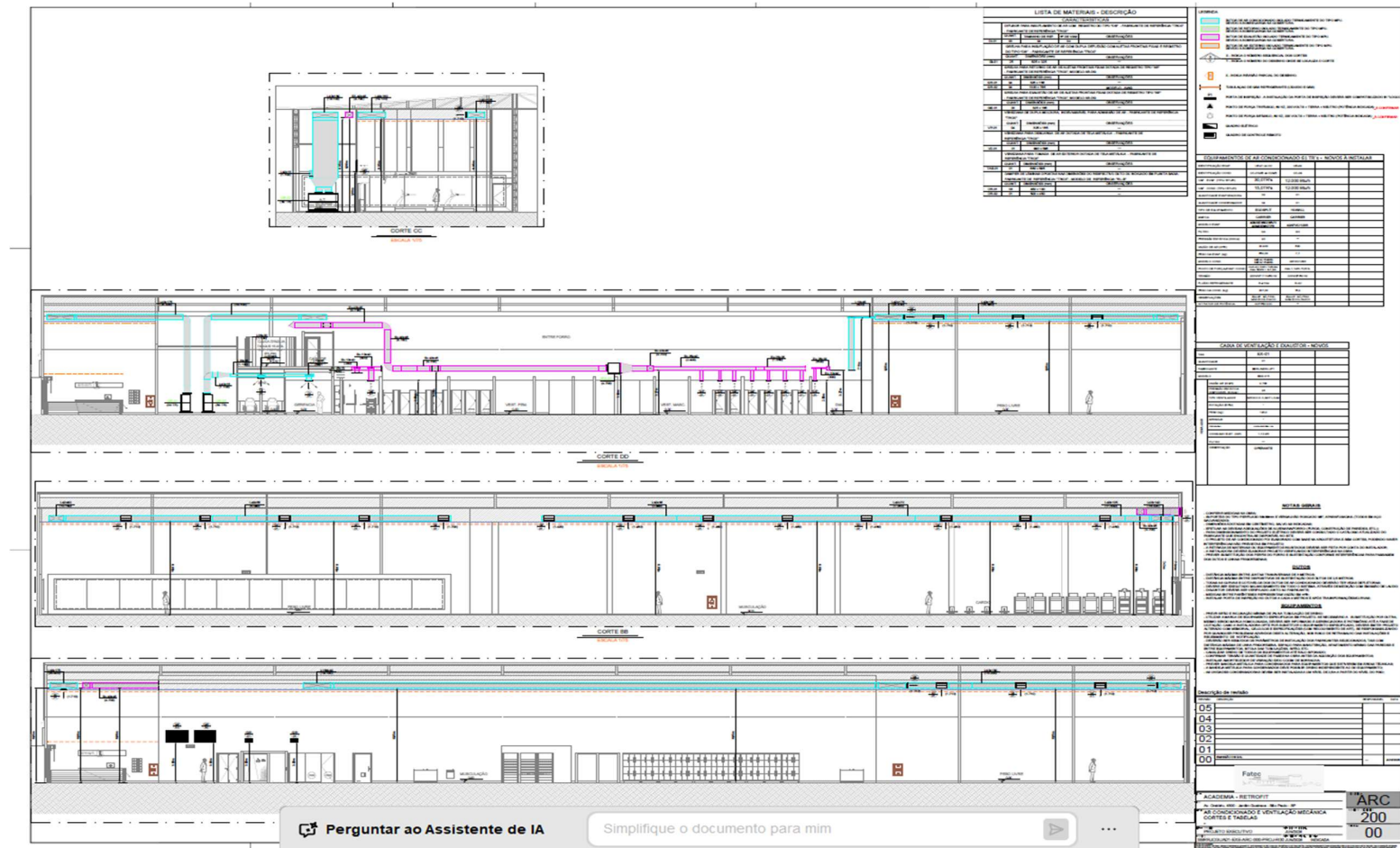
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Figura 2: Planta baixa da academia contendo os setores de musculação, cárdio, peso livre, recepção, SPA, áreas administrativas e técnicas.



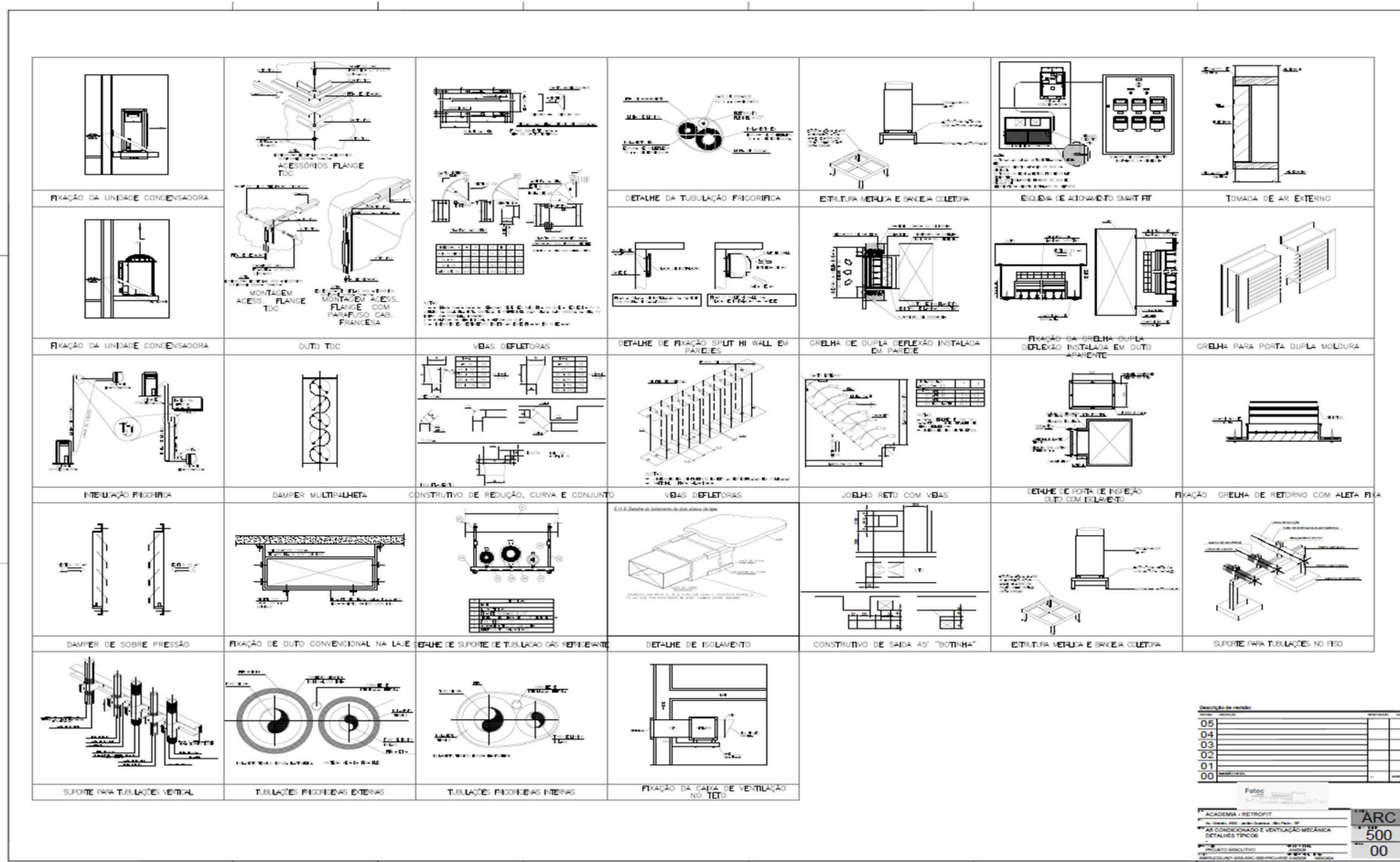
Fonte: Projeto executivo de climatização (2026).

Figura 3: Corte esquemático do sistema de climatização e distribuição de dutos da academia.



Fonte: Projeto executivo de climatização (2026).

Figura 4: Detalhes típicos de instalação dos equipamentos de climatização, dutos e infraestrutura frigorígena.



Fonte: Projeto executivo de climatização (2026).

Conforme demonstrado na Figura 3, o projeto contempla soluções voltadas à eficiência energética, manutenção preventiva e redução de perdas térmicas, incluindo isolamento dos dutos, dampers de regulação, suportes estruturais e proteção das linhas frigoríferas. Esses elementos contribuem para a estabilidade operacional do sistema de climatização e para a manutenção das condições adequadas de conforto térmico.

Segundo Carvalho e Freitas (2021), o correto dimensionamento de sistemas de climatização em ambientes de grande ocupação é essencial para garantir eficiência energética e estabilidade operacional, principalmente em cenários urbanos sujeitos a elevadas temperaturas externas e intensa geração de calor interno.

A análise arquitetônica também demonstra a preocupação com aspectos operacionais e de manutenção do sistema, incluindo previsão de dampers de regulação, isolamento térmico dos dutos, controle de vibração, bandejas de condensado, pontos de inspeção e renovação de ar externo. Essas medidas contribuem para o desempenho adequado do sistema e para a redução de perdas energéticas durante sua operação.

4.2 Análise da carga térmica da área principal

A análise da carga térmica da área principal da academia demonstrou que os ambientes destinados às atividades físicas representam a parcela mais significativa da demanda térmica total da edificação. A zona denominada “Recepção + Academia”, composta pelos setores de musculação, cardio, peso livre e recepção, apresentou comportamento térmico complexo devido à combinação simultânea de elevada ocupação humana, grande quantidade de equipamentos eletromecânicos, iluminação artificial contínua e elevada transmissão térmica pela cobertura.

TRANSMISSÃO

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta t$$

- PAREDE DE ALVENARIA $U = \text{Bloco } 0,09\text{m} + \text{Argamassa } 0,06\text{ m}$ (os dois lados)
- PAREDE DRY WALL $U = \text{Espessura } 0,10\text{m}$
- VIDRO $U = 0,02\text{mm e } 0,05\text{mm}$

ALVENARIA TRANSMISSÃO:

$$K_{\text{bloco}} = 0,90 \text{ w/m.k} \quad R_{\text{bloco}} = \frac{e}{k} \quad R_{\text{bloco}} = \frac{0,09}{0,90} = 0,1 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$h = U \cdot A \cdot \Delta t$$

$$K_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ w/m.k} \quad R_{\text{argamassa}} = \frac{e}{k} \quad R_{\text{bloco}} = \frac{0,06}{1,15} = 0,052 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$h = 3,1 \text{ w/m}^2\text{k} \times 482,9\text{m}^2 \times 9\text{k}$$

$$R_{\text{se Externo}} = 0,04 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$h = 13,5 \text{ kw}$$

$$R_{\text{se Interno}} = 0,13 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$R_{\text{total}} = 0,04 + 0,13 + 0,1 + 0,052 = 0,322 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$U = \frac{1}{0,322} = 3,1 \text{ w/m}^2\text{k}$$

DRY WALL TRANSMISSÃO:

$$K_{\text{chapa}} = 0,25 \text{ w/m.k} \quad R_{\text{gesso}} = \frac{e}{k} \quad R_{\text{bloco}} = \frac{0,0125}{0,25} = 0,05 \times 2 \text{ } 0,10 \text{ w/m}^2\text{k}$$

$$h = U \cdot A \cdot \Delta t$$

$$R_{\text{câmara}} = 0,18 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$h = 2,22 \text{ w/m}^2\text{k} \times 657,8\text{m}^2 \times 9\text{k}$$

$$R_{\text{se Externo}} = 0,04 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$h = 13,2 \text{ kw}$$

$$R_{\text{se Interno}} = 0,13 \text{ m}^2\text{k/w} \quad R_{\text{total}} = 0,10 + 0,18 + 0,04 + 0,13 = 0,45 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$U = \frac{1}{0,45} = 2,22 \text{ w/m}^2\text{k}$$

VIDRO DE 0,02 MM TRANSMISSÃO:

$$K_{\text{vidro } 2\text{mm}} = 1 \text{ w/m.k} \quad R_{\text{vidro } 2\text{mm}} = \frac{e}{k} \quad R_{\text{vidro } 2\text{mm}} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \text{ m}^2.\text{k/w} \quad h = U \cdot A \cdot \Delta t$$

$$R_{\text{se Externo}} = 0,04 \text{ m}^2.\text{k/w} \quad h = 5,26 \text{ w/m}^2.\text{k} \times 15,33\text{m}^2 \times 9\text{k}$$

$$R_{\text{se Interno}} = 0,13 \text{ m}^2.\text{k/w} \quad R_{\text{total}} = 0,4 + 0,13 + 0,02 = 0,55 \text{ m}^2.\text{k/w} \quad h = 0,73 \text{ kw}$$

$$U = \frac{1}{0,19} = 5,26 \text{ w/m}^2.\text{k}$$

VIDRO DE 0,05 MM TRANSMISSÃO:

$$K_{\text{vidro } 2\text{mm}} = 1 \text{ w/m.k} \quad R_{\text{vidro } 2\text{mm}} = \frac{e}{k} \quad R_{\text{vidro } 2\text{mm}} = \frac{0,05}{1} = 0,05 \text{ m}^2.\text{k/w} \quad h = U \cdot A \cdot \Delta t$$

$$R_{\text{se Externo}} = 0,04 \text{ m}^2.\text{k/w} \quad h = 4,54 \text{ w/m}^2.\text{k} \times 4,2\text{m}^2 \times 9\text{k}$$

$$R_{\text{se Interno}} = 0,13 \text{ m}^2.\text{k/w} \quad R_{\text{total}} = 0,4 + 0,13 + 0,05 = 0,58 \text{ m}^2.\text{k/w} \quad h = 0,2 \text{ kw}$$

$$U = \frac{1}{0,22} = 4,54 \text{ w/m}^2.\text{k}$$

TELHA SANDUICHE (COM ISOLAMENTO 100mm PADRÃO) (LÂ DE ROCHA).

$$K_{\text{isolamento}} = 0,040 \text{ w/m.k} \quad R_{\text{isolamento}} = \frac{e}{k} \quad R_{\text{isolamento}} = \frac{0,10}{0,040} = 2,5 \text{ m}^2.\text{k/w}$$

$$R_{\text{se Externo}} = 0,04 \text{ m}^2.\text{k/w}$$

$$R_{\text{se Interno}} = 0,13 \text{ m}^2.\text{k/w} \quad R_{\text{total}} = 0,04 + 0,13 + 2,5 = 2,67 \text{ m}^2.\text{k/w}$$

$$U = \frac{1}{2,67} = 0,37 \text{ w/m}^2.\text{k}$$

TETO + FORRO:

$$h = U \cdot A \cdot \Delta t$$

$$h = 0,37 \text{ w/m}^2.\text{k} \times 740\text{m}^2 \times 9\text{k}$$

$$h = 2,5 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{Total}} = 13,5 + 13,2 + 0,73 + 0,2 + 2,5$$

$$Q_{\text{Total}} = 30,2 \text{ kw}$$

Tabela 1: Cargas térmicas Calculadas Apartir de Software (HAP)

Zona	Área (m²)	Carga total (kW)	Sensível (kW)
Recepção + Academia	735,0	192,1	166,3
Gerência	11,0	2,3	1,8
Colaboradores	7,0	2,1	1,6
SPA	8,0	1,4	1,1

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Tabela 2: Cargas térmicas Calculadas de maneira Manual

Zona	kW	TR	Participação
Academia	201,75	57,0	92,1%
Gerência	5,39	1,5	2,5%
SPA	4,39	1,25	2,0%
<u>Colaboradores</u>	7,60	2,25	3,5%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Tabela 3: Cargas térmicas Comparativo

Zona	HAP kW	Manual kW	Dif. kW	Dif. %
Recepção + Academia	192,10	201,75	+9,65	+5,0%
Gerência	2,30	5,39	+3,09	+134%
Colaboradores	2,10	7,60	+5,50	+262%
SPA	1,40	4,39	+2,99	+214%
Total consolidado	197,90	219,13	+21,23	+10,7%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os cálculos de transmissão térmica foram realizados utilizando a equação $Q = U \times A \times \Delta T$, considerando as características construtivas da academia, os coeficientes globais de transferência de calor dos materiais e uma diferença de temperatura de projeto de 9°C entre os ambientes interno e externo. Os resultados demonstraram que

as paredes de alvenaria e drywall representam as maiores parcelas da carga térmica por transmissão, totalizando aproximadamente 26,7 kW. A cobertura com telha sanduíche apresentou carga reduzida devido ao isolamento térmico em lã de rocha, contribuindo com apenas 2,5 kW. O valor total calculado para transmissão térmica foi de 30,2 kW.

Esses resultados evidenciam a elevada demanda energética característica de ambientes destinados à prática de exercícios físicos. Segundo Oliveira (2024), academias apresentam comportamento térmico diferenciado quando comparadas a ambientes comerciais convencionais, principalmente devido à elevada geração de calor metabólico decorrente da atividade física intensa dos usuários. O autor destaca que o dimensionamento inadequado pode comprometer tanto o conforto térmico quanto o desempenho operacional do sistema de climatização.

Além da ocupação humana, os equipamentos de musculação e cárdio foram responsáveis por parcela significativa da carga térmica sensível da edificação. Os resultados demonstraram contribuição aproximada de 58.800 W provenientes dos equipamentos eletromecânicos instalados na academia.

Esse comportamento térmico ocorre porque equipamentos como esteiras, bicicletas ergométricas, elípticos e máquinas de musculação transformam praticamente toda a energia elétrica consumida em calor dissipado para o ambiente interno. Conforme Ferreira et al. (2023), ambientes com elevada densidade de equipamentos elétricos apresentam aumento significativo da carga térmica interna, exigindo sistemas de climatização mais robustos e maior capacidade de remoção de calor.

Outro fator de grande relevância observado no estudo foi a influência da cobertura da edificação sobre a transmissão térmica. A análise demonstrou que a cobertura da área principal contribuiu com aproximadamente 36.528 W de carga térmica sensível.

Segundo Souza e Almeida (2022), superfícies expostas diretamente à radiação solar, especialmente coberturas metálicas ou estruturas com baixa resistência térmica, representam uma das principais fontes de ganho térmico em edificações comerciais localizadas em regiões urbanas. Em ambientes climatizados de grande porte, esse ganho térmico aumenta diretamente o consumo energético dos sistemas de ar-condicionado.

Além disso, Carvalho et al. (2021) ressaltam que o aumento das temperaturas urbanas associado às mudanças climáticas intensifica ainda mais os ganhos térmicos nas edificações, principalmente em centros urbanos densamente construídos como a cidade de São Paulo. Dessa forma, a correta avaliação da transmissão térmica torna-se indispensável para o dimensionamento adequado dos sistemas de climatização.

A iluminação artificial também apresentou contribuição significativa para a carga térmica total da academia. Os resultados demonstraram aproximadamente 22.050 W de carga sensível provenientes do sistema de iluminação.

Embora muitas vezes subestimada, a iluminação exerce influência importante no balanço térmico de ambientes comerciais. Inácio e Erthal Junior (2017) destacam que sistemas de iluminação inadequadamente dimensionados podem elevar significativamente o consumo energético das edificações, aumentando simultaneamente a carga térmica e a demanda dos sistemas de climatização.

Outro aspecto fundamental identificado no estudo foi a influência do calor metabólico dos usuários. A simulação considerou ocupação simultânea de aproximadamente 100 pessoas na área principal da academia, resultando em contribuição de cerca de 11.000 W de calor sensível e 18.500 W de calor latente.

Segundo De Korte et al. (2021), durante a prática de exercícios físicos intensos, o corpo humano eleva significativamente sua produção de calor metabólico, podendo ultrapassar valores superiores a 1.000 W por pessoa dependendo da intensidade da atividade realizada. Esse aumento térmico impacta diretamente a temperatura interna dos ambientes e exige sistemas de climatização capazes de remover simultaneamente calor sensível e umidade do ar.

A ventilação mecânica também apresentou influência relevante sobre a carga térmica total da academia. A vazão de ar externo utilizada no sistema foi de aproximadamente 750 L/s, adicionando cerca de 5.761 W de carga sensível e 6.308 W de carga latente ao sistema.

Apesar de aumentar a carga térmica total, a ventilação é indispensável para garantir qualidade do ar interior, renovação adequada do oxigênio e remoção de contaminantes. Conforme Almeida et al. (2024), sistemas de climatização em ambientes de grande permanência humana devem equilibrar eficiência energética e qualidade do ar interior, garantindo conforto térmico sem comprometer as condições de salubridade dos ocupantes.

Os resultados obtidos demonstraram ainda que o pico de carga térmica ocorreu no período da tarde, próximo das 14h e 15h, momento em que há simultaneamente maior incidência de radiação solar, maior ocupação humana e maior utilização dos equipamentos da academia.

Esse comportamento confirma a importância da utilização de métodos dinâmicos de cálculo, como o *Transfer Function Method (TFM)*, empregado pelo software HAP. Segundo Silva, Costa e Almeida (2021), métodos não simplificados permitem representar com maior precisão as variações térmicas ao longo do dia, considerando os efeitos transitórios da radiação solar, ocupação e resposta térmica das superfícies construtivas.

Por fim, os resultados demonstram que a área principal da academia exige um sistema de climatização de elevada capacidade operacional, capaz de atender simultaneamente grandes cargas sensíveis e latentes. O estudo evidenciou que o correto dimensionamento da carga térmica é essencial não apenas para garantir conforto térmico aos usuários, mas também para promover eficiência energética, estabilidade operacional e redução de desperdícios energéticos ao longo da vida útil do sistema.

4.3 Influência da ventilação e renovação de ar

A ventilação mecânica e a renovação de ar exerceram papel fundamental no comportamento térmico da academia analisada, influenciando diretamente tanto a carga térmica total quanto as condições de conforto e qualidade do ar interior. Em ambientes destinados à prática de atividades físicas, a elevada taxa de ocupação associada ao aumento do metabolismo humano torna indispensável a renovação contínua do ar, principalmente devido à necessidade de controle da concentração de dióxido de carbono, umidade, odores e contaminantes suspensos no ambiente.

Segundo De Korte et al. (2021), durante a prática de exercícios físicos ocorre aumento significativo da frequência respiratória e da produção de calor metabólico, elevando também a emissão de vapor d'água e CO₂ no ambiente interno. Dessa forma, academias apresentam exigências mais rigorosas de ventilação quando comparadas a ambientes comerciais convencionais.

No presente estudo, o sistema de climatização foi dimensionado considerando taxa de ventilação de 7,5 L/s por pessoa, valor compatível com recomendações normativas aplicáveis a ambientes de grande ocupação e elevada atividade metabólica.

Na área principal da academia, a vazão de ar externo calculada pelo software HAP foi de aproximadamente 750 L/s, contribuindo diretamente para o aumento da carga térmica total do sistema. Os resultados indicaram que a ventilação adicionou cerca de 5.761 W de carga sensível e 6.308 W de carga latente à serpentina de resfriamento.

Esse aumento ocorre porque o ar externo introduzido no ambiente apresenta temperatura e umidade superiores às condições internas de conforto. Assim, o sistema de climatização necessita remover calor sensível e umidade adicional para manter a temperatura interna próxima de 23 °C e controlar a umidade relativa do ar.

Segundo Ferreira et al. (2023), a ventilação representa uma das parcelas mais importantes da carga térmica em ambientes de elevada ocupação, principalmente em locais onde existe grande renovação de ar externo. Os autores destacam que, embora aumente o consumo energético do sistema, a ventilação adequada é indispensável para assegurar condições mínimas de qualidade do ar interior e conforto fisiológico dos ocupantes.

Além da carga térmica associada à ventilação, o estudo também considerou as infiltrações de ar externo através de portas, frestas e movimentação dos usuários. Apesar de apresentarem valores reduzidos quando comparados às demais parcelas térmicas, as infiltrações foram mantidas nos cálculos para garantir maior precisão na simulação térmica realizada pelo software.

A renovação do ar torna-se ainda mais importante em academias devido à grande concentração de pessoas em atividade física intensa. Conforme Souza e Almeida (2022), ambientes fechados e com baixa renovação de ar tendem a apresentar desconforto térmico, aumento da sensação de abafamento e elevação da concentração de contaminantes internos, comprometendo diretamente a experiência dos usuários.

Além disso, Carvalho e Freitas (2021) ressaltam que sistemas de ventilação adequadamente projetados contribuem não apenas para o conforto térmico, mas também para a eficiência energética global da edificação. Sistemas mal

dimensionados podem provocar desperdícios energéticos, excesso de umidade e sobrecarga operacional nos equipamentos de climatização.

Os resultados obtidos demonstraram que a renovação de ar exerceu influência significativa sobre a carga latente do sistema. Isso ocorre porque o ar externo transporta grande quantidade de vapor d'água para o interior da edificação, exigindo maior capacidade de desumidificação por parte da serpentina de resfriamento.

Segundo Inácio e Erthal Junior (2017), o controle adequado da carga latente é indispensável para garantir conforto térmico em ambientes climatizados, especialmente em regiões de clima quente e úmido. O excesso de umidade pode comprometer a sensação térmica dos ocupantes e favorecer problemas relacionados à qualidade do ar interior.

Outro aspecto relevante identificado no projeto foi a utilização de sistemas de exaustão e insuflação distribuídos estrategicamente pelos ambientes da academia, permitindo melhor circulação e renovação do ar. O projeto executivo prevê utilização de dutos de insuflação, retorno e exaustão mecanicamente balanceados, além de dampers de regulação e venezianas para admissão de ar externo.

A distribuição adequada do ar climatizado contribui para evitar zonas de desconforto térmico e melhorar a uniformidade da temperatura interna. Segundo Almeida et al. (2024), sistemas de ventilação bem distribuídos favorecem a eficiência operacional dos sistemas de climatização, reduzindo variações térmicas localizadas e melhorando a qualidade do ambiente interno. Além disso, o projeto contempla a utilização de isolamento térmico nos dutos de ventilação e insuflação, reduzindo perdas térmicas ao longo da distribuição do ar climatizado.

Os resultados obtidos demonstram que a ventilação e a renovação de ar representam componentes fundamentais no dimensionamento térmico de academias, influenciando diretamente tanto a carga térmica total quanto o desempenho energético do sistema de climatização. Embora aumentem a demanda de resfriamento da edificação, esses sistemas são indispensáveis para garantir conforto térmico, segurança fisiológica e qualidade do ar interior em ambientes de alta ocupação e intensa atividade física.

4.4 Análise das cargas térmicas das áreas secundárias

Além da área principal da academia, também foram analisadas as cargas térmicas das áreas secundárias, compostas pelos ambientes de Gerência, Colaboradores e SPA. Embora essas zonas apresentem dimensões menores e menor densidade de ocupação quando comparadas aos setores de musculação, cárdio e peso livre, elas também exigem climatização adequada para garantir conforto térmico, qualidade do ar interior e funcionamento eficiente das atividades administrativas e de apoio.

Os resultados obtidos pelo software HAP demonstraram que as cargas térmicas dessas áreas são proporcionais à sua área útil, ocupação, iluminação, equipamentos e necessidade de renovação de ar. A área de Colaboradores, com 7 m², apresentou carga térmica total de aproximadamente 2,1 kW, sendo 1,6 kW de carga sensível, com vazão de ar de 103 L/s.

A zona Gerência, com área de 11 m², apresentou carga térmica total de aproximadamente 2,3 kW, sendo 1,8 kW correspondente à carga sensível. A vazão de ar calculada para esse ambiente foi de 125 L/s, com carga por unidade de área de 206,5 W/m². Já o ambiente SPA, com área de 8 m², apresentou a menor carga térmica entre as zonas secundárias, com aproximadamente 1,4 kW de carga total e 1,1 kW de carga sensível. A vazão de ar necessária para esse espaço foi de 75 L/s, demonstrando menor demanda térmica em razão da área reduzida e menor ocupação.

A análise desses resultados evidencia que, apesar de menores, as áreas secundárias não podem ser desconsideradas no dimensionamento geral do sistema de climatização. Segundo Ferreira et al. (2023), o cálculo de carga térmica deve considerar individualmente cada ambiente, pois diferenças de ocupação, uso, iluminação e exposição térmica podem alterar significativamente a demanda de resfriamento.

No caso da Gerência, a carga térmica está relacionada principalmente à presença de pessoas, equipamentos elétricos de escritório, iluminação e transmissão térmica pela cobertura. O relatório de cálculo indica contribuição de 330 W provenientes de equipamentos elétricos, 220 W de iluminação e 240 W referentes à ocupação humana.

Na área de Colaboradores, foram considerados 4 ocupantes, iluminação de 140 W, equipamentos elétricos de 175 W e transmissão pela cobertura de aproximadamente 346 W. Esses valores demonstram que, mesmo em ambientes pequenos, a soma das cargas internas pode gerar demanda significativa de climatização.

Conforme Inácio e Erthal Junior (2017), o dimensionamento correto de ambientes menores evita tanto o subdimensionamento, que compromete o conforto térmico, quanto o superdimensionamento, que eleva o consumo energético e reduz a eficiência operacional do sistema. Dessa forma, a análise das zonas secundárias contribui para maior equilíbrio do projeto como um todo. Outro ponto relevante é a renovação de ar nesses ambientes. A taxa adotada foi de 7,5 L/s por pessoa, resultando em vazões externas de 30 L/s para Colaboradores, 22 L/s para Gerência e 15 L/s para SPA.

Essa renovação é fundamental para garantir qualidade do ar interior, especialmente em ambientes fechados e com permanência prolongada de usuários. Segundo Souza e Almeida (2022), a ventilação adequada em espaços internos contribui para reduzir o desconforto térmico, controlar odores, diluir contaminantes e melhorar as condições ambientais da edificação.

Embora as cargas térmicas das áreas secundárias sejam inferiores à carga da área principal, elas apresentam comportamento térmico próprio e exigem controle individualizado. Isso justifica a adoção de sistemas do tipo Single Zone CAV, nos quais cada zona é tratada separadamente, permitindo melhor ajuste da vazão de ar e da capacidade de resfriamento conforme a necessidade específica de cada ambiente.

De acordo com Carvalho e Freitas (2021), a eficiência energética em sistemas de climatização depende diretamente da compatibilidade entre a capacidade instalada e a demanda real de cada ambiente. Assim, a divisão da academia em zonas térmicas distintas permite reduzir desperdícios energéticos e melhorar o desempenho operacional do sistema.

Portanto, os resultados das áreas secundárias demonstram coerência entre área, ocupação e carga térmica calculada. A Gerência apresentou a maior demanda entre os ambientes secundários, seguida pela área de Colaboradores e pelo SPA. Essa diferença confirma que o uso do ambiente, a presença de equipamentos e o número de ocupantes influenciam diretamente o dimensionamento térmico. Assim, a análise individualizada dessas zonas contribui para um projeto de climatização mais

preciso, eficiente e tecnicamente adequado, garantindo conforto térmico não apenas nas áreas de treino, mas também nos ambientes administrativos, operacionais e de apoio da academia.

4.5 Discussão sobre o sistema de climatização adotado

O sistema de climatização adotado para a academia foi desenvolvido com o objetivo de atender às elevadas demandas térmicas geradas pelo ambiente, garantindo conforto térmico, renovação adequada de ar e eficiência energética. Considerando as características específicas da edificação como elevada ocupação simultânea, grande quantidade de equipamentos eletromecânicos, extensas áreas climatizadas e intensa geração de calor metabólico tornou-se necessário utilizar um sistema capaz de operar de forma contínua e estável mesmo nos períodos de pico de carga térmica.

O projeto executivo especifica a utilização de sistemas do tipo Single Zone CAV (Constant Air Volume), operando com ventilação mecânica e distribuição de ar através de dutos isolados termicamente.

Esse tipo de sistema trabalha com vazão de ar constante, variando principalmente a temperatura do ar insuflado para atender às necessidades térmicas do ambiente. Segundo Ferreira et al. (2023), sistemas CAV apresentam elevada confiabilidade operacional e são amplamente utilizados em ambientes comerciais de grande porte devido à simplicidade de controle e à capacidade de manter estabilidade térmica em áreas com ocupação relativamente constante.

No caso da academia analisada, a adoção do sistema CAV mostrou-se compatível com o perfil de utilização da edificação, principalmente porque os ambientes de musculação, cárdio e peso livre apresentam funcionamento contínuo durante grande parte do dia, mantendo demanda térmica relativamente elevada e constante. Além disso, o sistema foi dimensionado para operar com temperatura de insuflação próxima de 11 °C e temperatura interna de conforto em torno de 23 °C.

Os resultados demonstraram que a área principal da academia exige elevada vazão de ar aproximadamente 12.057 L/s para absorver as cargas sensíveis e latentes geradas pelos usuários, equipamentos e transmissão térmica da edificação. Segundo Oliveira (2024), academias necessitam de sistemas de climatização capazes de responder rapidamente às variações térmicas internas, especialmente em horários de

pico, quando ocorre simultaneamente aumento da ocupação humana e da utilização dos equipamentos de exercício físico.

O projeto também prevê utilização de equipamentos Carrier operando com fluidos refrigerantes ecológicos R-410A e R-32, totalizando aproximadamente 61 TR de capacidade instalada. A utilização desses fluidos refrigerantes demonstra preocupação com questões ambientais e eficiência energética. Conforme Silva, Mendes e Costa (2020), a substituição gradual de fluidos refrigerantes de elevado potencial de aquecimento global por alternativas mais eficientes representa uma das principais estratégias sustentáveis aplicadas aos sistemas modernos de climatização.

Além disso, Carvalho e Freitas (2021) destacam que a eficiência energética dos sistemas de ar-condicionado tornou-se fator essencial diante do aumento das temperaturas urbanas e do crescimento do consumo energético em edificações comerciais. Outro aspecto importante observado no projeto foi a preocupação com a distribuição do ar climatizado. O sistema contempla rede de dutos de insuflação, retorno, exaustão e admissão de ar externo, todos isolados termicamente para minimizar perdas de energia ao longo do percurso.

Segundo Inácio e Erthal Junior (2017), o isolamento térmico adequado dos dutos reduz perdas energéticas e melhora significativamente o desempenho operacional dos sistemas de climatização, principalmente em ambientes de grande extensão física. O projeto também prevê instalação de dampers de regulação, venezianas de admissão de ar externo, grelhas de insuflação e retorno estrategicamente distribuídas pelos ambientes da academia.

Esses componentes são fundamentais para promover distribuição uniforme do ar climatizado, evitar zonas de desconforto térmico e garantir adequada renovação do ar interior. Segundo Souza e Almeida (2022), sistemas de ventilação bem distribuídos contribuem para melhorar a qualidade ambiental interna e reduzir a sensação de abafamento em ambientes fechados e densamente ocupados.

Outro ponto relevante do sistema adotado foi a previsão de ventilação mecânica e exaustão de ar. O projeto contempla renovação contínua do ar externo, garantindo atendimento às exigências normativas relacionadas à qualidade do ar interior.

Essa renovação é particularmente importante em academias devido ao aumento da produção de calor metabólico, umidade e CO₂ provocado pelos usuários durante os exercícios físicos. Conforme De Korte et al. (2021), ambientes de prática

esportiva exigem controle rigoroso das condições térmicas e da qualidade do ar para evitar desconforto fisiológico e queda de desempenho físico. Do ponto de vista operacional, o sistema adotado apresenta vantagens importantes, como:

- estabilidade térmica;
- controle eficiente da umidade;
- elevada capacidade de renovação de ar;
- flexibilidade de distribuição dos dutos;
- manutenção relativamente simplificada.

Entretanto, sistemas CAV também podem apresentar consumo energético elevado quando operam continuamente em vazão máxima. Segundo Carvalho e Freitas (2021), estratégias de automação, sensores inteligentes e controle de demanda podem contribuir para otimizar o consumo energético desses sistemas em períodos de menor ocupação. Além disso, o projeto executivo demonstra preocupação com aspectos de manutenção preventiva e segurança operacional, prevendo:

- bandejas de condensado;
- amortecedores de vibração;
- sifões nas tubulações;
- portas de inspeção nos dutos;
- proteção mecânica das linhas frigorígenas.

Essas medidas contribuem para aumentar a vida útil dos equipamentos e reduzir falhas operacionais ao longo do funcionamento do sistema. Por fim, a análise do sistema de climatização adotado demonstra que o projeto foi desenvolvido de forma compatível com as características térmicas da academia, atendendo às necessidades de conforto térmico, renovação de ar e eficiência operacional. Os resultados obtidos evidenciam que o sistema possui capacidade suficiente para suportar as elevadas cargas térmicas da edificação, mantendo condições adequadas de temperatura e qualidade do ar mesmo durante os períodos de maior utilização da academia.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu realizar a análise detalhada da carga térmica de uma academia localizada na cidade de São Paulo, considerando as características arquitetônicas da edificação, as condições climáticas externas, a ocupação humana, os equipamentos instalados e os sistemas de ventilação e climatização adotados no empreendimento.

Os resultados obtidos demonstraram que a área principal da academia concentra a maior parcela da carga térmica total da edificação, principalmente devido à elevada densidade ocupacional, ao intenso calor metabólico gerado durante a prática de exercícios físicos e à grande quantidade de equipamentos eletromecânicos em operação contínua. Além disso, fatores como transmissão térmica pela cobertura, iluminação artificial e renovação de ar contribuíram significativamente para o aumento da demanda térmica do ambiente.

A utilização do software *Hourly Analysis Program (HAP)*, da Carrier, mostrou-se adequada para representar o comportamento térmico da academia, permitindo maior precisão na determinação das cargas sensíveis e latentes de cada zona analisada. A divisão da edificação em zonas térmicas distintas também possibilitou avaliar individualmente os ambientes principais e secundários, contribuindo para um dimensionamento mais eficiente e coerente com as características de uso de cada espaço.

O sistema de climatização especificado no projeto apresentou compatibilidade com as necessidades térmicas da academia, demonstrando capacidade suficiente para manter condições adequadas de conforto térmico, controle de umidade e renovação de ar, mesmo nos horários de maior ocupação. A adoção de ventilação mecânica, distribuição de ar por dutos isolados termicamente e equipamentos de elevada capacidade operacional contribui para garantir estabilidade térmica e melhor qualidade do ar interior.

Outro aspecto importante observado foi a relevância do correto dimensionamento térmico para a eficiência energética da edificação. Sistemas adequadamente dimensionados evitam desperdícios de energia, reduzem sobrecargas operacionais e proporcionam melhores condições de desempenho e durabilidade dos equipamentos de climatização.

Dessa forma, conclui-se que o estudo atingiu os objetivos propostos, fornecendo subsídios técnicos importantes para o desenvolvimento do projeto de climatização da academia. Os resultados obtidos contribuem para a compreensão do comportamento térmico de ambientes destinados à prática de atividades físicas e reforçam a importância de análises térmicas detalhadas em projetos de climatização de edificações comerciais de grande ocupação.

Por fim, o trabalho evidencia que o correto cálculo da carga térmica é essencial para garantir conforto térmico, eficiência energética, qualidade do ar interior e segurança operacional, tornando-se etapa indispensável para o desenvolvimento de sistemas de climatização tecnicamente adequados e ambientalmente responsáveis.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. *ASHRAE Handbook: Fundamentals*. Atlanta: ASHRAE, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16401-3:2008: Instalações de ar-condicionado — Sistemas centrais e unitários — Parte 3: Qualidade do ar interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ALMEIDA, Caio de Souza; MARQUES, Murilo Antonio Coutinho; SILVA, Jarlison de Souza (Orient.); BOECHAT, João Vitor de Souza (Coorient.). Estudo da carga térmica do sistema de ar-condicionado da Igreja Matriz de Santo Antônio em Porciúncula-RJ. *Revista FT*, v. 28, ed. 139, 21 out. 2024.

CARVALHO, R. S.; FREITAS, M. P. Eficiência energética e tecnologias emergentes no combate às altas temperaturas. *Sustentabilidade Urbana*, v. 5, p. 80-95, 2021.

CARVALHO, R. S. et al. Aquecimento global e seus reflexos no Noroeste Fluminense. *Climatologia Regional*, v. 5, n. 1, p. 70-85, 2021.

DE KORTE, Johannus Q. et al. Exercise performance and thermoregulatory responses of elite athletes exercising in the heat: outcomes of the Thermo Tokyo study. *Sports Medicine*, v. 51, p. 2423–2436, 2021.

FERREIRA, Daniele Marques et al. Cálculo simplificado de carga térmica em edificações. Universidade Federal de Minas Gerais, 2023. Disponível em: *PDF fornecido*.

INÁCIO, William dos Santos; ERTHAL JUNIOR, Milton. Dimensionamento da carga térmica de resfriamento de ambientes como estratégia para melhoria da eficiência energética em instituições de ensino. *Vértices*, v. 19, n. 3, 2017.

OLIVEIRA, Gabriela Torres. Projeto de climatização de academia no Rio de Janeiro. 2024. Projeto de Graduação (Engenharia Mecânica) — Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

SILVA, A. P.; MENDES, J. R.; COSTA, L. R. Energias renováveis e a mitigação das mudanças climáticas. *Revista de Energias Renováveis*, v. 7, p. 65-80, 2020.

SILVA, J. A.; COSTA, R. M.; ALMEIDA, T. Análise de sistemas complexos: a importância do cálculo não simplificado. *Revista Brasileira de Matemática Aplicada*, v. 34, n. 2, p. 150-162, 2021.

SOUZA, J. P.; ALMEIDA, T. F. Soluções arquitetônicas e materiais sustentáveis no combate ao desconforto térmico. *Ciências Ambientais em Foco*, v. 7, n. 3, p. 98-110, 2022.

SOUZA, J. P.; ALMEIDA, T. F. Vulnerabilidade socioeconômica e mudanças climáticas no Noroeste Fluminense. *Ciências Ambientais em Foco*, v. 7, n. 3, p. 98-110, 2022.

APÊNDICE A - (CÁLCULOS HAP)

System Design Load Summary for RECEPÇÃO+ACADEMIA		
Project Name: Academia		03/22/2025
Prepared by: Ecow		08:50

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Dec 1400			Design Heating Day		
	OA DB / WB 30,2 C / 20,3 C			OA DB / WB 22,2 C / 15,6 C		
Zone Loads based on TFM	Details	Sensible W	Latent W	Details	Sensible W	Latent W
Window and Skylight Solar Loads	300000 sqm	3396	-	300000 sqm	-	-
Wall Transmission	80 sqm	3519	-	80 sqm	0	-
Roof Transmission	735 sqm	36528	-	735 sqm	0	-
Window Transmission	30 sqm	1066	-	30 sqm	0	-
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Door Loads	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Floor Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Partitions/Ceilings	1132 sqm	14150	-	1132 sqm	0	-
Overhead Lighting	22050 W	22049	-	0 W	0	-
Electric Equipment	58800 W	58797	-	0 W	0	-
People	100	11000	18500	0	0	0
Infiltration	-	14	15	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	25679	3159	5%	0	0
>> Total Zone Loads	-	158044	19441	-	0	0
Thermostat and Pulldown Adjustment	-	-860	0	-	0	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Ventilation Load	750 L/s	5761	6308	750 L/s	-896	0
Supply Fan Load	12057 L/s	3349	-	12057 L/s	-3349	-
>> Total System Loads	-	166294	25749	-	-4245	0
Central Cooling Coil	-	166294	25757	-	-4245	0
>> Total Coil Loads	-	166294	25757	-	-4245	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

System Design Load Summary for GERÊNCIA		
Project Name: Academia		03/22/2025
Prepared by: Ecow		08:50

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Feb 1500			Design Heating Day		
	OA DB / WB 31 C / 20,4 C			OA DB / WB 22,2 C / 15,6 C		
Zone Loads based on TFM	Details	Sensible W	Latent W	Details	Sensible W	Latent W
Window and Skylight Solar Loads	0 sqm	0	-	0 sqm	-	-
Wall Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Roof Transmission	11 sqm	524	-	11 sqm	0	-
Window Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Door Loads	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Floor Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Partitions/Ceilings	17 sqm	212	-	17 sqm	0	-
Overhead Lighting	220 W	220	-	0 W	0	-
Electric Equipment	330 W	330	-	0 W	0	-
People	3	240	240	0	0	0
Infiltration	-	16	13	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	263	43	5%	0	0
>> Total Zone Loads	-	1620	266	-	0	0
Thermostat and Pulldown Adjustment	-	-4	0	-	0	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Ventilation Load	23 L/s	194	161	23 L/s	-27	0
Supply Fan Load	126 L/s	35	-	126 L/s	-35	-
>> Total System Loads	-	1845	427	-	-62	0
Central Cooling Coil	-	1845	427	-	-62	0
>> Total Coil Loads	-	1845	427	-	-62	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

System Design Load Summary for COLABORADORES

Project Name: Academia
Prepared by: Ecow

03/22/2025
08:50

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Dec 1500			Design Heating Day		
	OA DB / WB 30,4 C / 20,4 C			OA DB / WB 22,2 C / 15,6 C		
Zone Loads based on TFM	Details	Sensible W	Latent W	Details	Sensible W	Latent W
Window and Skylight Solar Loads	0 sqm	0	-	0 sqm	-	-
Wall Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Roof Transmission	7 sqm	346	-	7 sqm	0	-
Window Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Door Loads	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Floor Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Partitions/Ceilings	23 sqm	288	-	23 sqm	0	-
Overhead Lighting	140 W	140	-	0 W	0	-
Electric Equipment	175 W	175	-	0 W	0	-
People	4	320	320	0	0	0
Infiltration	-	15	12	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	219	57	5%	0	0
>> Total Zone Loads	-	1347	348	-	0	0
Thermostat and Pulldown Adjustment	-	-10	0	-	0	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Ventilation Load	30 L/s	239	196	30 L/s	-36	0
Supply Fan Load	103 L/s	29	-	103 L/s	-29	-
>> Total System Loads	-	1604	545	-	-64	0
Central Cooling Coil	-	1604	545	-	-64	0
>> Total Coil Loads	-	1604	545	-	-64	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

System Design Load Summary for SPA

Project Name: Academia
Prepared by: Ecow

03/22/2025
08:50

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	Dec 1400			Design Heating Day		
	OA DB / WB 30,2 C / 20,3 C			OA DB / WB 22,2 C / 15,6 C		
Zone Loads based on TFM	Details	Sensible W	Latent W	Details	Sensible W	Latent W
Window and Skylight Solar Loads	0 sqm	0	-	0 sqm	-	-
Wall Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Roof Transmission	8 sqm	397	-	8 sqm	0	-
Window Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Door Loads	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Floor Transmission	0 sqm	0	-	0 sqm	0	-
Partitions/Ceilings	10 sqm	125	-	10 sqm	0	-
Overhead Lighting	160 W	160	-	0 W	0	-
Electric Equipment	80 W	80	-	0 W	0	-
People	2	160	160	0	0	0
Infiltration	-	14	13	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	160	30	5%	0	0
>> Total Zone Loads	-	983	182	-	0	0
Thermostat and Pulldown Adjustment	-	-4	0	-	0	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Ventilation Load	15 L/s	115	114	15 L/s	-18	0
Supply Fan Load	76 L/s	21	-	76 L/s	-21	-
>> Total System Loads	-	1116	296	-	-39	0
Central Cooling Coil	-	1116	296	-	-39	0
>> Total Coil Loads	-	1116	296	-	-39	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

APÊNDICE B - (CÁLCULOS MANUAIS)

Academia em São Paulo - SP

Temperatura interna 23°C

Umidade relativa: entre 50 e 65%

temperatura externa média: 32°C $\Delta T_{\text{geral}} = 32 - 23 = 9^{\circ}\text{C}$

	Academia	Ginásio	SPA	Colaboradores
$Q_{\text{transmissão}}$	30,2 kW	0,9 kW	0,65 kW	0,88 kW
$Q_{\text{radiação}}$	40,3 kW	0,87 kW	0,84 kW	3,125 kW
Q_{pessoas}	47,75 kW	3,575 kW	3,05 kW	7,575 kW
$Q_{\text{iluminação}}$	33,3 kW	0,165 kW	0,12 kW	0,102 kW
$Q_{\text{equipamentos}}$	23,3 kW	0,8 kW	3,0 kW	3,5 kW
$Q_{\text{ar externo}}$	27,05 kW	0,93 kW	0,61 kW	3,52 kW
$Q_{\text{infiltração}}$	24,95 kW	0,17 kW	0,12 kW	0,3 kW
	203,35 kW	5,39 kW	4,39 kW	7,8 kW
	57 TR	1,5 TR	1,25 TR	2,25 TR