



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
CENTRO DE ARTES - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ARQUITETURA E URBANISMO

**LIANE BECACICI GOZZE DESTEFANI**

**A PELE DOS EDIFÍCIOS COMERCIAIS: ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO  
DOS SISTEMAS DE FACHADA E MATERIAIS DE REVESTIMENTO**

VITÓRIA  
2020



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
CENTRO DE ARTES - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ARQUITETURA E URBANISMO

**LIANE BECACICI GOZZE DESTEFANI**

**A PELE DOS EDIFÍCIOS COMERCIAIS: ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO  
DOS SISTEMAS DE FACHADA E MATERIAIS DE REVESTIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Arquitetura e Urbanismo da  
Universidade Federal do Espírito Santo.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Edna Aparecida Nico  
Rodrigues

VITÓRIA  
2020

LIANE BECACICI GOZZE DESTEFANI

“A PELE DOS EDIFÍCIOS COMERCIAIS: ANÁLISE DE DESEMPENHO  
TÉRMICO DOS SISTEMAS DE FACHADA E MATERIAIS DE  
REVESTIMENTO”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito  
Santo, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em  
Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em 29 de maio de 2020.

Comissão Examinadora

---

Profa. Dra. Edna Aparecida Nico Rodrigues  
(orientadora – PPGAU/UFES)

---

Prof. Dr. Jarryer Andrade de Martino  
(membro interno – PPGAU/UFES)

---

Prof. Dr. Augusto Alvarenga  
(membro externo – UFES)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

**PROTOCOLO DE ASSINATURA**



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por  
AUGUSTO ALVARENGA - SIAPE 1172701  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - DAU/CAR  
Em 04/08/2020 às 17:24

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:  
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/45220?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

**PROTOCOLO DE ASSINATURA**



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por  
JARRYER ANDRADE DE MARTINO - SIAPE 2326631  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - DAU/CAR  
Em 05/08/2020 às 10:23

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:  
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/45437?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

**PROTOCOLO DE ASSINATURA**



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por  
EDNA APARECIDA NICO RODRIGUES - SIAPE 1173369  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - DAU/CAR  
Em 05/08/2020 às 11:06

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:  
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/45478?tipoArquivo=O>

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

D476p Destefani, Liane Becacici Gozze, 1983-  
A pele dos edifícios comerciais : análise de desempenho térmico dos sistemas de fachada e materiais de revestimento / Liane Becacici Gozze Destefani. - 2020.  
187 f. : il.

Orientadora: Edna Aparecida Nico-Rodrigues.  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes.

1. Edifícios comerciais. 2. Edifícios - Propriedades térmicas.  
3. Fachadas (Arquitetura). 4. Revestimentos. 5. Arquitetura e conservação de energia. I. Nico-Rodrigues, Edna Aparecida. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Artes. III. Título.

CDU: 72

---

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer imensamente a todos os envolvidos na realização deste trabalho.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edna, por todo o apoio, por compartilhar comigo seus conhecimentos específicos, por todas as revisões e por compreender tão bem a complexidade de uma vida profissional e não somente acadêmica, envolvendo escritório, Conselho e Universidade.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Jarryer De Martino e Prof. Dr. Augusto Alvarenga, por terem aceitado participar desta avaliação e por colaborarem com seus conhecimentos.

À minha família, meu pai, Jair, minha mãe, Evelise, minhas irmãs, Laina e Mariana, minha tia, Nilda, meu sobrinho, Lorenzo, por serem minha base de caráter, força e fé, em todos os momentos.

Ao meu companheiro, Ewerton, por crescer comigo na vida acadêmica e na vida pessoal, por todo apoio e carinho.

À minha parceira de escritório, Marcela Nitz, por todas as infinitas horas de dedicação aos projetos e aos clientes, no exercício mais puro da Arquitetura.

Aos amigos, de todas as esferas, que estiveram presentes mesmo que à distância, com palavras de encorajamento.

Aos conselheiros e funcionários do CAU/ES, por todo o auxílio nas tarefas diárias do Conselho e, em especial, à vice-presidente e grande amiga, Carolina Gumieri, por todo apoio e auxílio nessa jornada. Também à Pollyana Dipré e Giedre Ezer, pela parceria no Conselho Diretor. E aos demais presidentes de CAU/UF, em todo o Brasil, pela companhia nesta gestão e pela compreensão pelo meu afastamento temporário, mesmo em tempos críticos.

Aos colegas do mestrado, em especial Nayara Salera e Anderson Azevedo pelas trocas de experiências e informações.

Ao Prof. Dr. Augusto Alvarenga, em especial, pelo apoio durante o estágio em docência e por todos os conhecimentos compartilhados.

Aos demais colegas professores do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFES, em especial Aline Nogueira, Rogério Almenara, Tarcísio Bahia, Marcela Almeida, pelo apoio constante no dia-a-dia da Universidade.

À Graphisoft, pelo fornecimento da versão do EcoDesigner Star e Archicad 23 gratuitamente para os fins acadêmicos desta pesquisa.

# A PELE DOS EDIFÍCIOS COMERCIAIS: ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DOS SISTEMAS DE FACHADA E MATERIAIS DE REVESTIMENTO

## RESUMO

A atual preocupação de projetistas e da sociedade com o desempenho das edificações, refletida também na criação de diversas normas sobre o tema, tem favorecido o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a situações específicas de projeto. O desempenho térmico de edifícios comerciais, que em sua maioria seguem um estilo internacional, com o uso abusivo de superfícies em vidro, tem sido criticado e verificado. Grandes cargas elétricas, solicitadas pela grande quantidade de equipamentos utilizados nos escritórios, criam condições de desconforto térmico nos ambientes, favorecendo o uso intensivo dos sistemas de climatização. A pesquisa verificou a influência dos sistemas de fachada e dos materiais de revestimento externo no conforto térmico no interior da edificação. Foram realizadas 22 simulações computacionais, utilizando o software *EcoDesigner Star*, com 11 tipos de fachadas em duas orientações, a partir de um edifício modelo com 17 pavimentos de escritórios, localizado no bairro Enseada do Suá, em Vitória, ES. Os modelos simulados incluíram os sistemas mais tradicionais de fachada, identificados em edifícios existentes na região, e outros sistemas ainda não utilizados no bairro, mas já difundidos no mercado nacional. Dentre os sistemas analisados, constatou-se o grande aumento no consumo de energia com climatização em edifícios que utilizam pele de vidro como vedação externa. Dentre os sistemas que utilizam janelas convencionais, o sistema de fachada ventilada obteve o melhor resultado, seguido pelo sistema que utiliza *Light Steel Frame* com painéis cimentícios.

**Palavras-chave:** Fachada. Revestimentos. Eficiência energética. Conforto térmico. Edifícios comerciais.

## ABSTRACT

Nowadays, designers and society are worried about the performance of buildings, also reflected in the creation of many standards on the subject, helped the development of research related to specific Project situations. The thermal performance of commercial buildings, which mostly follow an international style, with the abusive use of glass surfaces, has been criticized and verified. Large electrical charges, requested by the large amount of equipment used in the offices, create conditions of thermal discomfort in spaces, favoring the intensive use of HVAC systems. The research verified the influence of façade system external cladding materials on the thermal comfort inside the building. 22 computer simulations were performed, using the software EcoDesigner Star, with 11 types of façades in two orientations, from a model building with 17 floors of offices, located in Enseada do Suá, Vitória, ES. The simulated models included the more traditional façade systems, identified in existing buildings in the area and other systems not yet used in the neighborhood but already available in the national market. Among the systems analyzed, there was a great increase in energy consumption with air conditioning in buildings that use glass façade. Among the systems that use conventional Windows, the ventilated façade system obtained the best result, followed by the system that uses Light Steel Frame with fiber cement panels.

**Keywords:** Façade. Cladding. Energy Efficiency. Thermal comfort. Commercial Buildings.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Edifício Vitória Office Tower, em Vitória.	27
Figura 2 - Composição das fachadas em alvenaria, reboco e pintura.	27
Figura 3 – Camadas constituintes do revestimento cerâmico de fachada.	29
Figura 4 – Edifício Pop XYZ. Projeto: Triptyque.	30
Figura 5 – Hotel Hilton Morumbi, São Paulo.	32
Figura 6 - Composição da fachada em placas de rochas.	33
Figura 7 – Sistema de ancoragem das placas de rochas nas fachadas.	34
Figura 8 – Detalhes de fachadas aeradas revestidas em granito.	34
Figura 9 – Composição da fachada em placas de ACM.	36
Figura 10: Edifício WT Nações Unidas. Projeto: Edo Rocha.	36
Figura 11 – City Square Mortesel. Projeto: ABSCIS Architecten, Bélgica.	38
Figura 12 – Composição da fachada em <i>Light Steel Frame</i> e placas cimentícias	39
Figura 13 – Composição da fachada em pele de vidro <i>structural glazing</i> .	41
Figura 14 – Edifício em construção em Brasília, na fase de montagem da pele de vidro.	42
Figura 15 – Composição da fachada ventilada.	43
Figura 16 – Central Saint Giles, Londres.	44
Figura: 17: Localização do Estado do ES no Brasil e na Região Sudeste.	56
Figura: 18: Localização do município de Vitória no ES e na Região Metropolitana da Grande Vitória.	57
Figura 19 – Mapa administrativo de Vitória.	57

Figura 20 – Vista do bairro Enseada do Suá.	60
Figura 21: Localização do bairro Enseada do Suá em Vitória.	61
Figura 22: Atual loteamento do bairro Enseada do Suá.	62
Figura 23: Zoneamento de altura do PDU para a Enseada do Suá.	63
Figura 24: Mapa com identificação de uso e altura das edificações no bairro Enseada do Suá.	65
Figura 25: Representação das áreas livres sem edificações no bairro.	66
Figura 26: Edifícios comerciais com mais de 10 pavimentos na Enseada do Suá.	67
Figura 27 – Referências de plantas de salas comerciais em Vitória.	75
Figura 28 – Planta do Pavimento Tipo do edifício.	79
Figura 29 – Fachada principal do edifício.	80
Figura 30 – Fachada de fundos do edifício.	80
Figura 31 – Zona de conforto térmico gráfica com base no método analítico.	91

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Transmitância térmica de paredes externas	47
Tabela 2 – Capacidade térmica de paredes externas	47
Tabela 3 – Camadas de composição dos sistemas de fachada avaliados.	85
Tabela 4 – Propriedades térmicas dos materiais dos sistemas de fachada.	86
Tabela 5 – Propriedades térmicas das janelas do modelo.	87
Tabela 6 – Taxa metabólica das pessoas por atividade.	88
Tabela 7 – Características de iluminação das salas comerciais.	89
Tabela 8 – Equipamentos utilizados em salas comerciais e as potências correspondentes.	90
Tabela 9 – Especificações técnicas do Ar Condicionado Split Inverter Samsung.	92
Tabela 10 – Resultados das simulações dos modelos com orientação Leste-Oeste.	96
Tabela 11 – Resultados das simulações dos modelos com orientação Norte-Sul.	96

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características dos edifícios altos da Enseada do Suá.	68
Quadro 2 – Tipologias de planta dos edifícios altos na Enseada do Suá.	71
Quadro 3 – Composição estrutural do modelo de edifício	81

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Umidade relativa do ar em Vitória, ES.	58
Gráfico 2 – Temperatura do ar em Vitória, ES.	59
Gráfico 3 – Direção e frequência dos ventos em Vitória, ES.	59
Gráfico 4: Percentual da forma de planta baixa nos edifícios observados.	74
Gráfico 5: Percentual de utilização dos materiais de fachada dentre os edifícios observados.	76
Gráfico 6 – Temperaturas médias dos modelos simulados no ano na orientação Oeste	97
Gráfico 7 – Consumos de energia com climatização nos modelos simulados na orientação Oeste	99
Gráfico 8 – Custo com energia elétrica para climatização nos modelos simulados na orientação Oeste	99
Gráfico 9 – Classificação de eficiência energética dos modelos simulados, do mais eficiente ao menos eficiente.	104

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	18
1.2 METODOLOGIA DE PESQUISA	18
2 ABORDAGEM TEÓRICA	21
2.1 A VERTICALIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	21
2.2 SISTEMAS DE FACHADA	23
2.2.1. ALVENARIA COM REBOCO E PINTURA	26
2.2.2. REVESTIMENTO CERÂMICO SOBRE ALVENARIA	29
2.2.3 REVESTIMENTO EM ROCHAS SOBRE ALVENARIA	32
2.2.4 ALUMÍNIO COMPOSTO (ACM) SOBRE ALVENARIA	35
2.2.5 LIGHT STEEL FRAME COM PAINÉIS CIMENTÍCIOS E GESSO ACARTONADO	37
2.2.6. PELE DE VIDRO	40
2.2.7 FACHADA VENTILADA	42
2.3 A NORMATIZAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO	45
2.4 DESEMPENHO TÉRMICO DOS MATERIAIS	52
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	56
3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	56
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA TIPOLOGIA DE EDIFÍCIO COMERCIAL E SISTEMAS DE FACHADA	63
3.3 MODELO E CARACTERÍSTICA DO EDIFÍCIO	78
3.4 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO	82
3.4.1 ESCOLHA DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO	83
3.4.2 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DO EDIFÍCIO	85
3.4.3 PERFIL DE OCUPAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	87
3.5 ANÁLISE DO CUSTO DE CLIMATIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO	93
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	94
4.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO	94
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

## 1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico no decorrer dos séculos, novos materiais e sistemas construtivos surgem, pela facilidade dos transportes e pela condizância de informações. Segundo Morais (2014), o advento da industrialização trouxe profundas modificações às áreas urbanas, promovendo alterações importantes na relação entre o homem e a natureza.

Uma das principais modificações observadas foi o processo de verticalização das cidades. O surgimento do elevador e das plataformas elevatórias foi um importante fator que possibilitou a verticalização das estruturas. A partir deste momento, quanto maior a distância da terra, maior o contato com o que ainda resta da natureza e quanto maior o número de pisos empilhados, mais eles se fundem em uma forma única.

Em 1880, os edifícios conhecem a estrutura metálica, apta a suportar grandes elevações sem ocupar muito espaço. Qualquer terreno poderia ser multiplicado para produzir a proliferação de área de piso (MORAIS, 2014). Nos centros urbanos, o espaço disponível para novas construções fica gradativamente mais escasso. Impulsionada pelo acréscimo no valor dos terrenos e pelas intenções de lucro do setor imobiliário, a verticalização é a saída mais usual, a fim de maximizar a utilização dos terrenos e da infraestrutura urbana. Segundo Carvalho e Saboya (2017), o processo de verticalização caracteriza substancialmente a cidade capitalista, que proporciona um aumento exponencial da ocupação, permitida pela multiplicação do solo urbano, alterando a paisagem e modificando as relações entre os cidadãos.

Antocheviz e Reis (2016) indicam que os edifícios altos são aqueles que possuem dez pavimentos ou mais e tornam-se fatores de concentração da população em áreas centrais ou de grande relevância na cidade. Apontam que a verticalização pode promover a densidade demográfica excessiva, redução das áreas livres, sombreamento de algumas áreas adjacentes, redução do desempenho térmico das construções, modificação do fluxo de ventos e do micro clima local, reduzindo a qualidade ambiental do espaço urbano ao seu redor. Contudo, a pesquisa apontou que a maioria dos cidadãos prefere, para trabalhar, espaços localizados em edifícios

mais elevados, com cerca de 18 pavimentos, em detrimento dos edifícios mais baixos, com cerca de 10 pavimentos.

Para a construção dos edifícios comerciais que se destacam em altura, as tecnologias construtivas mais eficientes e os materiais estruturais e de acabamento empregados são importados e compartilhados sem que se realize uma análise consistente das condições locais e da aplicabilidade de cada material. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), sistemas de iluminação e climatização artificial passam a ser largamente utilizados, dando ao projetista uma posição bastante cômoda perante os problemas de adequação do edifício ao clima. A aplicação indiscriminada de soluções arquitetônicas, ditas internacionais, ignora as intervenções causadas na paisagem urbana das cidades, a relação do indivíduo com o espaço público, as alterações climáticas decorrentes e as necessidades de infraestrutura de suporte ao edifício.

Há tempos, pesquisadores já indicavam que a partir da segunda Guerra Mundial, tornou-se comum o *International Style* com a percepção de que os novos sistemas de construção ofereciam controle total dos ambientes internos de qualquer edifício, levando à repetição dos prismas em vidro e ao aumento do consumo de energia que se sucedeu em vários países (GONÇALVES, DUARTE; 2006).

Nos países de clima tropical, as altas temperaturas nos meses de verão têm demandado a larga utilização de sistemas de climatização nos mais diversos ambientes. Os espaços destinados a escritórios são certamente os que não podem prescindir desses sistemas, pois o nível de conforto influencia nos níveis de concentração e produção. Andrade (2013) relata que, na era industrial, mesmo em países desenvolvidos economicamente, era comum que as empresas negligenciassem os aspectos psicológicos e fisiológicos dos funcionários frente ao seu ambiente de trabalho, observando-se somente as necessidades tecnológicas do processo industrial. Acreditava-se que a produtividade estava relacionada somente ao número de horas trabalhadas. A partir do século XX, começa a ser reconhecida a importância da saúde e do bem estar do trabalhador para o desenvolvimento adequado do processo produtivo. Tal preocupação com o funcionário propicia o planejamento de ambientes mais confortáveis e amigáveis, visando eliminar as principais doenças decorrentes do estresse e fadiga no trabalho.

O conforto no ambiente de trabalho também está relacionado às condições de temperatura interna. Além disso, a grande maioria dos equipamentos utilizados nos escritórios, mas principalmente os computadores, não funcionam corretamente em altas temperaturas, exigindo novamente uma climatização adequada.

Por meio da Norma Regulamentadora número 17 (NR 17), instituída pela Portaria do Ministério do Trabalho e Previdência Social (MTPS) n.º 3751, de novembro de 1990 (MTb, 2018), o então Ministério do Trabalho (atual Ministério da Economia), recomenda que, nos locais de trabalho onde são executadas atividades intelectuais e com atenção constante, tais como os escritórios, seja mantida uma temperatura efetiva entre 20°C e 23°C. Sendo assim, com a finalidade de manter a temperatura interna constante nos escritórios, os edifícios comerciais funcionam como uma caixa hermética, que recebe interferência das radiações solares na fachada, produz calor internamente por meio dos usuários e dos equipamentos e utiliza os sistemas de ar condicionado para dissipar esse calor.

Os sistemas de arrefecimento e calefação, junto à iluminação e funcionamento dos equipamentos, são os maiores fatores de consumo de energia. Segundo Oliveira e outros (2016), com o desenvolvimento da tecnologia da informação, da internet e dos equipamentos eletroeletrônicos, o homem utiliza cada vez mais energia. Ao mesmo tempo, enfrentamos problemas quanto à disponibilidade de energia.

No Brasil, especificamente, a energia elétrica utilizada nas edificações provém, em sua grande maioria, das hidrelétricas e a escassez de água tem prejudicado a sua produção. Diante da preocupação crescente com a sustentabilidade, as soluções projetuais buscam soluções aos desafios ambientais e tecnológicos, observando os seguintes aspectos: orientação do sol e ventos, a geometria dos espaços e edifícios, as condicionantes ambientais, os materiais de estrutura e vedação, o tratamento das fachadas e coberturas, a proporção da área de aberturas e as proteções solares (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

As instituições e órgãos de regulação da sociedade passaram a exigir controles mais rígidos nas construções, por meio de leis e normas técnicas sobre eficiência energética, a fim de eliminar gastos elevados com energia, indicando a análise prévia do projeto arquitetônico e das especificações de materiais adequados para a obtenção do desempenho ambiental.

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a eficiência energética é a capacidade da edificação de garantir conforto térmico, visual e acústico aos usuários dos ambientes internos com baixo consumo de energia elétrica.

Nos últimos dez anos, desde que o selo *Leed (Leadership in Energy and Environmental Design)*, do *United States Green Building Council (USGBC)* chegou ao Brasil, uma grande mudança está em curso no modo de projetar edifícios, começando pelos corporativos e se estendendo aos residenciais, industriais, hospitalares, de logística e interiores, e até mesmo alguns dos estádios construídos para a Copa do Mundo de 2014 e os edifícios das Olimpíadas de 2016.

Depois do selo *Leed* vieram a certificação Alta Qualidade Ambiental (Aqua), da Fundação Vanzolini, o inglês *Breeam (Método de Avaliação Ambiental do Research Establishment – BRE)* e o Procel Edifica (Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações), este criado pelo Inmetro e Eletrobrás para eficiência energética de edificações.

Segundo Bogo (2016), a criação das normas brasileiras de desempenho das edificações se iniciou no final da década de 1980, quando estudos foram realizados pelo Grupo de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ANTAC) em 1988. E, atualmente, nesta área, existem no Brasil as normas NBR 15.220 (ABNT, 2005), NBR 15.575 (ABNT, 2013), o RTQ-R: Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, o RTQ-C: Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (IMETRO, 2013) e o mais recente INI-C: Instrução Normativa Inmetro para a classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INMETRO, 2018), suprimindo uma lacuna existente no país.

Toda essa dinâmica em busca de construções com desempenho ambiental mais satisfatórios, desde a etapa de concepção do edifício, passando pela obra e aquisição de suprimentos, até o uso e operação, reúne alguns dos principais fatores para garantir a eficiência energética, a gestão do consumo de água e dos resíduos de construção e demolição, entre outros.

Segundo Bogo e Pickler (2017), o conforto ambiental nas edificações é umas das premissas básicas da boa arquitetura, independentemente da tipologia ou linguagem

arquitetônica adotada. No entanto, falhas de projeto produzem uma arquitetura que não apresenta condições de conforto ambiental adequadas ou se limita a atender somente aos requisitos de projeto relacionados à morfologia, à funcionalidade e à estética. As soluções arquitetônicas adequadas ao conforto ambiental referem-se principalmente a questões como: implantação da edificação no terreno, forma da edificação, controle solar nas aberturas, uso da luz natural, ventilação natural, desempenho térmico de coberturas e paredes e tratamento paisagístico exterior.

Segundo Santos e outros (2015), conhecer o comportamento térmico dos materiais que compõem a edificação permite aos projetistas estabelecerem estratégias para que as construções possam responder de maneira eficiente às variações climáticas, fornecendo as condições técnicas necessárias para o atendimento de critérios mínimos de desempenho, oferecendo conforto, minimizando o uso de equipamentos e o consumo de energia.

Desta maneira, o desempenho dos edifícios depende não apenas do desempenho de elementos individuais, mas também em como eles se comportam como sistemas integrados. A fachada dos edifícios é particularmente importante. Especificamente, determina o quão hermético é o edifício, qual a quantidade de calor que é transmitido através de pontes térmicas (que rompe o isolamento e permite ao calor fluir para dentro ou para fora) e quanto a luz natural e a ventilação podem ser utilizadas.

A fachada dos edifícios é responsável por reter ou permitir as entradas de calor e luz em seu interior, sendo grandes influenciadoras no consumo de energia. Reduzir a entrada de calor, através de materiais de revestimento e vidros mais eficientes e de recursos de sombreamento da fachada, é uma das formas de evitar a sobrecarga no uso de sistemas de condicionamento do ar.

Importantes não só pelo aspecto visual, os revestimentos de fachada influenciam na durabilidade das edificações, podendo interferir significativamente na vida útil da construção. Sendo assim, os materiais a serem utilizados devem ser resistentes, eficientes e adequados à sua aplicação.

A crescente preocupação com as questões ambientais e a criação das normativas relacionadas à eficiência energética favorecem o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema e, também, a criação de sistemas de fachadas cada vez mais

inovadores, com materiais de acabamento, cores e texturas diversificados, de alto valor estético e alta resistência.

Diante do exposto e ressaltando a importância e necessidade de estudos relacionados às normas, esta pesquisa se propõe a servir de base para os projetistas na escolha e definição dos sistemas e dos materiais de acabamento das fachadas do edifício.

## **1.1 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS**

Analisar o desempenho térmico de sistemas de fachada, com materiais de revestimento em edifícios comerciais altos, climatizados artificialmente, em Vitória, ES.

Os objetivos específicos são:

- Revisar a literatura referente à influência da fachada na eficiência energética e as normas relacionadas ao desempenho térmico;
- Identificar e caracterizar os materiais de revestimento de fachada mais utilizados nos edifícios comerciais e os sistemas de fachada com maior tecnologia incorporada existentes no mercado;
- Analisar o comportamento térmico-energético dos materiais e sistemas de fachadas identificados como mais usuais; e
- Calcular e comparar o custo de energia empregada na climatização para cada sistema de fachada utilizado.

## **1.2 METODOLOGIA DE PESQUISA**

### **ETAPA I – Abordagem Teórica**

- Análise do processo de densificação da cidade, com o aumento do gabarito dos edifícios e as alterações nos processos construtivos;

- Estudo das propriedades térmicas dos materiais utilizados nas fachadas e suas características principais; e
- Estudo das normas técnicas existentes acerca do tema desempenho energético.

### **ETAPA II – Definição do objeto do estudo**

- Identificação da área de estudo e descrição do clima em Vitória;
- Histórico do surgimento e ocupação do bairro Enseada do Suá;
- Análise da situação atual e das probabilidades de crescimento; e
- Posição geográfica, zoneamento bioclimático pelas normas.

### **ETAPA III – Definição da tipologia de edifício comercial a ser analisada**

- Levantamento de campo da planta e volumetria dos edifícios comerciais – croquis de plantas e fachadas;
- Identificação de tipologias mais recorrentes;
- Definição das características tipológicas do edifício a ser analisado; e
- Identificação dos sistemas de fachada a serem avaliados, conforme levantamento de campo e referencial teórico.

### **ETAPA IV – Avaliação do desempenho térmico**

- Escolha do software;
- Modelagem do edifício escolhido;
- Inserção das características exatas do edifício (aberturas, materiais de construção, orientação solar, etc.);
- Inserção das informações relativas às condições climáticas por meio do arquivo climático de Vitória;
- Inserção das informações de utilização do edifício;
  - Definição de sistemas mecânicos e naturais de ventilação;
  - Número de pessoas e equipamentos existentes;
  - Tipo de atividade desenvolvida nos ambientes;
- Modelagem das variantes de sistemas de fachadas a serem analisados; e

- Simulação das variantes de sistema de fachada definidos.

#### **ETAPA V – Resultados e análises**

- Apresentação e análise dos relatórios das simulações mostrando a variação de temperatura interna no edifício em diferentes épocas do ano, no período de um ano, e a quantidade de horas de desconforto para cada sistema de fachada simulado;
- Identificação da quantidade de energia a ser consumida, em um ano, com climatização necessária para atingir a temperatura de conforto;
- Identificação do custo da energia a ser consumida em um ano pela climatização necessária;
- Análise e considerações acerca dos pontos positivos e negativos de cada sistema de fachada de acordo com o desempenho térmico apresentado; e
- Recomendações.

## **2 ABORDAGEM TEÓRICA**

A elaboração deste capítulo visou apresentar uma revisão bibliográfica das principais publicações acerca dos temas retratados nesta pesquisa, como a verticalização das edificações, a influência das fachadas no conforto térmico dos ambientes internos e a preocupação com a economia de energia e recursos naturais.

### **2.1 A VERTICALIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES**

Um dos fatores mais importantes para a verticalização das cidades foi o aumento do conhecimento dos materiais de construção, seu desenvolvimento tecnológico, conjuntamente com a evolução do cálculo estrutural. Em substituição às paredes portantes, primeiramente foram adotadas as estruturas de ferro, seguindo-se as ligas metálicas, onde se destaca o aço carbono, e então o aprimoramento e propagação do concreto armado. Como a maioria das evoluções tecnológicas do período, tais tecnologias foram inicialmente desenvolvidas no intuito da adoção em estruturas industriais e pontes, mas seriam logo empregadas em todo tipo de construções (MORAIS, 2014).

Os estudos de urbanismo, acompanhando a transição acelerada das cidades, tentam absorver a ideia da concentração máxima de atividades humanas em blocos verticais como estratégia de liberação de grandes áreas verdes de uso público e coletivo. Sendo assim, o tecido tradicional urbano também se modifica e a tradição europeia mediterrânea da rua com fachadas contínuas, que se repete também nas cidades da América espanhola, ganha novo significado. As fachadas dos edifícios ganham novas proporções e alteram sua percepção em relação ao espaço urbano.

Conceitualmente, a verticalização envolve a noção de edifício alto ou arranha-céu. Somekh, em 1997, definia que a verticalização seria a multiplicação do solo urbano, possibilitada pelo uso do elevador, e apontava que a construção dos primeiros arranha céus na cidade de São Paulo, nos anos 1920, deu início ao intenso processo de modificação urbana que se estende até hoje. Carvalho e Saboya (2017)

elencam, de forma resumida, alguns aspectos sobre o processo de verticalização no Brasil:

- Característica da urbanização brasileira;
- Ideia de modernidade;
- Vinculada mais à habitação do que serviços;
- Revolução na forma de construir, tanto em relação às novas técnicas quanto à utilização de materiais diferenciados, afetando diretamente a dinâmica de acumulação e produção de capital;
- Responsável por impactos significativos na estrutura urbana, sobretudo social, e no valor do uso do solo;
- Estado passa a ter o papel de produtor do espaço urbano, disciplinando seu crescimento por meio das legislações urbanísticas, definindo gabaritos de altura, taxas de ocupação e índices de aproveitamento dos lotes; e
- Lógica mercadológica.

Quanto a esse último item, Somekh, em 1997, já apontava que essa lógica é resultado da articulação de diversos setores capitalistas. Um deles é o mercado imobiliário, que visa obter, por meio da multiplicação do solo, a máxima valorização do capital, transformando a terra em mercadoria. Grande parte da dinâmica de crescimento urbano é motivada pela busca do lucro, o qual, por sua vez, está relacionado à localização, principal componente de valorização do solo. A verticalização é uma das estratégias para maximização do lucro sobre o solo urbano. Em áreas onde o custo deste é alto, os promotores imobiliários tendem a intensificar a área construída e o número de pavimentos, resultando no crescimento quantitativo e espacial da cidade que acaba alterando a paisagem urbana e a forma de viver e trabalhar do cidadão (CARVALHO e SABOYA, 2017).

Segundo Bernabé (2012), além de alterar a paisagem urbana local, o edifício verticalizado provoca alguns impactos no seu entorno imediato e demanda uma grande quantidade de energia, intensificando a poluição, o aquecimento do ar, o esgotamento e degradação das reservas naturais e os elevados custos de preparação da infraestrutura urbana necessária para atendê-lo. Porém, é injusto dizer que as construções altas são ruins para as cidades. Diferentes condicionantes

podem levar a soluções distintas e haverá casos em que a solução mais adequada é com a construção de edifícios baixos e outras situações em que a solução mais conveniente será com edifícios altos.

Portanto, visto que as mudanças que ocorrem nos padrões construtivos alteram a qualidade da vida dos cidadãos, a escolha por materiais e componentes que priorizem o menor consumo de energia e um melhor desempenho de suas funções são atitudes desejáveis nos novos edifícios e devem culminar em soluções projetuais que favoreçam a adoção de estratégias de acordo com as potencialidades de cada região.

## **2.2 SISTEMAS DE FACHADA**

A fachada ocupa uma posição de destaque no projeto, além de ser a parte mais importante para proteção das edificações frente aos agentes externos. Elemento chave para definir a estética, tem participação significativa nos custos da obra. Segundo Medeiros (2014), as vedações externas dos edifícios, incluindo paredes de alvenaria, esquadrias com vidro e revestimentos convencionais aderidos, representam entre 9 a 13% do custo total de uma edificação no Brasil. Entretanto, quando se trata de obras com vedações e revestimentos não convencionais, tem-se uma amplitude maior de valores em função da tipologia utilizada, entre 4 e 15%.

O desempenho das vedações de fachada ganhou ainda mais visibilidade devido a maior conscientização da importância de sua participação no conforto térmico, aliada à necessidade de se construir edifícios cada vez mais sustentáveis. À medida que as edificações ficam mais altas, mais expostas ficam suas fachadas, e maior deve ser a preocupação com esse requisito de desempenho do ponto de vista da vedação vertical.

Segundo o programa de etiquetagem RTQ-C (INMETRO, 2013), a envoltória é definida pelos planos que separam o ambiente interno do ambiente externo. Já o termo fachada é definido como as superfícies externas verticais ou com inclinação superior a 60° em relação à horizontal, incluindo as superfícies opacas, paredes, translúcidas, transparentes e vazadas, como cobogós e vãos de entrada.

A envoltória pode, então, ser entendida como a pele do edifício, isto é, o conjunto de elementos do edifício que estão em contato com o meio exterior e compõem os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo. Meio externo, para a definição de envoltória, exclui a parcela construída do subsolo do edifício, referindo exclusivamente as paredes construídas acima do solo.

Segundo Medeiros e outros (2014), em termos gerais, existem três tipologias distintas de soluções construtivas para as fachadas de edifícios: alvenaria de vedação e revestimento aderido com substrato de argamassa; alvenaria ou divisória leve de vedação com revestimento tipo cortina ou ventilado; fachada cortina e seus subtipos como painéis de concreto, *light steel frame* com placas cimentícias, pele de vidro, *structural glazing* e módulos de vidro unitizados.

Ainda de acordo com o mesmo autor, os revestimentos do tipo cortina ou ventilado, utilizados somente como sistemas de acabamento da vedação, não constituem um sistema completo e por isso precisam ser combinados com parede de alvenaria ou outra divisória. Os materiais mais comuns utilizados para estes revestimentos são as placas de granito, os painéis de ACM (*aluminum composite material*) e os painéis cerâmicos extrudados ou prensados. Nestes tipos de soluções construtivas de fachada, as placas ou painéis de revestimento ficam normalmente afastados alguns centímetros da vedação principal e são fixados por meio de subestruturas metálicas.

As fachadas com o sistema cortina, por sua vez, podem ser projetadas para ter função de vedação externa principal da edificação. Estas fachadas empregam subestruturas ancoradas à estrutura principal do edifício que geralmente são engastadas apenas em um ponto a cada trecho, se assemelhando, portanto, a uma cortina convencional usada para bloquear a luz em janelas. Sendo essencialmente uma vedação externa, as fachadas cortinas precisam ser estanques ao ar e à água, além de funcionar com uma barreira para reter o calor e o som de acordo com as necessidades requeridas no projeto (MEDEIROS, 2014).

Para qualquer tipo de solução de fachada, seja vedação ou revestimento, é necessário considerar a capacidade de acomodar as deflexões, expansão e contração térmicas, deslocamentos relativos entre os pavimentos e oscilações dos edifícios causados pelo vento e cargas sísmicas, sendo necessário considerar estas ações de modo local e global. Outros critérios importantes de desempenho como o conforto lumínico, térmico e acústico, bem como a resistência ao fogo e a segurança

contra invasão e explosões devem ainda ser considerados de acordo com os requisitos estabelecidos para o projeto ou normatização específica. Todos estes aspectos têm transformado os projetos de fachada, independente do material em uso, em soluções construtivas customizadas e não apenas de aplicação de sistemas construtivos padronizados (MEDEIROS, 2014).

Na avaliação de Resende (2017), a escolha do revestimento de fachada, na maioria das construções, está relacionada diretamente ao seu custo, estética e disponibilidade do material no mercado e, em muitos casos, não considera o desempenho e as características do produto. Após diversas transformações, motivadas pelo contexto econômico, social e político, buscou-se o aumento da qualidade das obras aliado à redução dos custos de produção. Com esta nova visão, observou-se a valorização do projeto e do planejamento da execução e, ainda, a introdução de decisões embasadas tecnologicamente, otimizando as atividades.

Segundo Edwards (2019), o conceito de projeto liderado pela sustentabilidade requer da indústria uma mentalidade não mais focada no curto prazo, no triângulo tempo-custo-qualidade mas sim voltado para a ideologia da sustentabilidade. A mentalidade será para os benefícios a longo prazo derivados do correto uso e seleção dos materiais, preservação da energia e a mínima (não zero) emissão de carbono pelos edifícios. O projeto do produto ou projeto de fachada, ganha uma nova dimensão, deixando de ser uma definição arquitetônica e passando a fazer parte do projeto de concepção como um todo, considerando suas interferências e relações com os demais sistemas.

Em sua revisão dos estudos científicos que buscam a otimização das fachadas de edifícios comerciais em relação à eficiência energética, Bano e Sehgal (2019) identificaram que a maioria dos estudos relacionados, correspondente a 53% do total, foram conduzidos em edifícios comerciais e 23% em edifícios residenciais. E, como alternativas para a economia de energia, também 53% das pesquisas identificaram que as características dos materiais que compõem a fachada são a variante que possibilita a maior otimização do desempenho do edifício.

Diversos são os sistemas de fachada disponíveis no mercado da construção civil para especificação em projetos de arquitetura de edifícios comerciais verticais. O mercado de fornecedores de sistemas de fachada tem buscado soluções mais resistentes mecânica e quimicamente, com eficiência termoacústica, estanques à

umidade e com maior praticidade de aplicação, otimizando a instalação. Os maiores desafios são dar maior estabilidade nas cores, garantir a impermeabilidade e a diminuição na periodicidade da manutenção. Com pesquisas constantes, novos materiais e composições tem se inserido no mercado nacional, apresentando estruturas mais leves e peças de maiores formatos (NUNES, 2014)

Porém, nem sempre existe a análise consistente da eficiência na aplicabilidade destes materiais em relação à tipologia de edifícios. Segundo o especialista em projetos de fachadas, o engenheiro Jonas S. Medeiros (MEDEIROS, s.d.), os revestimentos de fachada mais utilizados no país são as pinturas, as texturas poliméricas, as argamassas decorativas, as placas cerâmicas e as placas de rocha. No nordeste brasileiro e em cidades como Belo Horizonte e Curitiba, predomina o uso da cerâmica e das placas de rocha. Ainda segundo Medeiros, os revestimentos de fachada são escolhidos por diversos fatores como: tendências arquitetônicas, cultura, necessidades locais, custo do material, preço de venda do imóvel, clima, durabilidade esperada da fachada e tipo de construção.

A fachada tem papel decisivo no isolamento térmico de uma edificação, com ênfase nas construções verticais nas quais a influência da cobertura é menor. Medeiros (MEDEIROS, s.d.) aponta que um dos benefícios proporcionados pelo sistema de fachada ventilada e que justifica sua aplicação é o fato de que ela apresenta desempenho térmico que se reflete na economia de energia necessária na climatização. Já no caso das fachadas aderidas, a espessura do emboço de argamassa que serve de base para pinturas, texturas, argamassas decorativas e cerâmica, tem um papel decisivo no isolamento térmico.

### **2.2.1. ALVENARIA COM REBOCO E PINTURA**

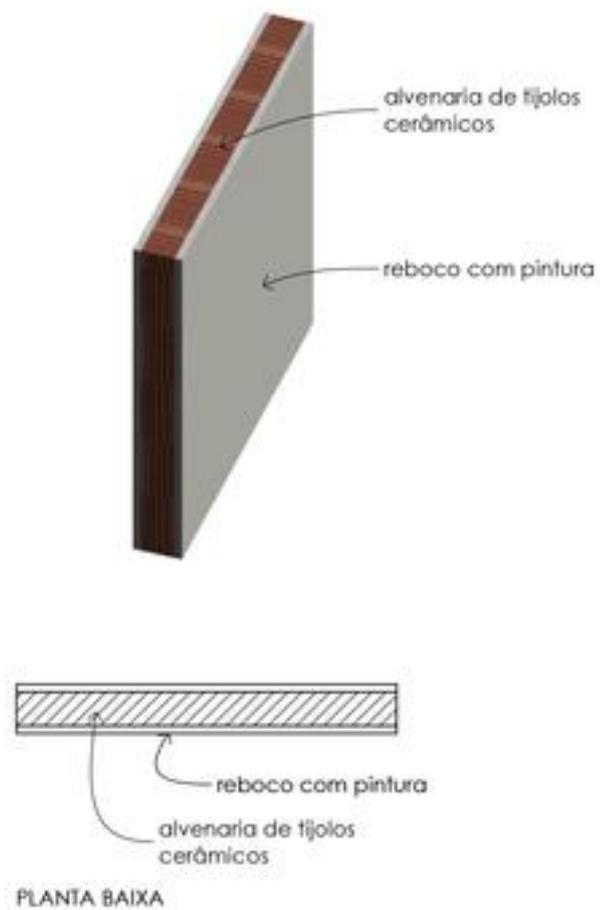
O sistema de fachada que utiliza o reboco sobre a alvenaria com acabamento em pintura é a solução mais simples e econômica existente atualmente no mercado (Figuras 1 e 2). Para as edificações realizadas com vedação em alvenaria, os blocos de concreto e os blocos vazados cerâmicos são os mais utilizados.

Figura 1 – Edifício Vitória Office Tower, em Vitória.



Fonte: autora.

Figura 2 – Composição das fachadas em alvenaria, reboco e pintura.



Fonte: autora.

Santos e outros (2015) analisaram o desempenho térmico dos fechamentos opacos das edificações na Zona Climática 2 do Brasil, fazendo uma comparação entre as paredes estruturais em bloco de concreto e em bloco cerâmico. Identificaram que, apesar de sofrerem maior influência da radiação solar direta na fachada, tanto no inverno quanto no verão, as diferenças de temperatura observadas entre os tipos de blocos são mínimas e que ambos os materiais não atendem a todos os requisitos estabelecidos pela norma. Sendo assim, ambos os tipos de blocos têm pouca influência no comportamento térmico das edificações estudadas.

De acordo com a NBR 12.554 (ABNT, 2013), as tintas são uma composição de elementos químicos que, quando aplicados sobre o reboco, provocam a evaporação do solvente, formando uma película sólida que decora e protege a superfície. As tintas têm grandes vantagens quanto às questões econômicas e cumprem também as funções estético-funcional.

As pinturas têm, em geral, a função de proteger os revestimentos de argamassa contra o esfarelamento e da ação de umidade, reduzindo a absorção de água e inibindo o desenvolvimento de agentes biológicos.

A definição da cor da tinta considera tanto a estética do empreendimento quanto o conforto térmico dos ambientes internos. A grande variação na absorção das tintas, derivada da saturação das cores, implica na recomendação de que se utilize, nas fachadas, cores claras para melhor reflexão da radiação. A absorção solar das tintas interfere diretamente no desempenho térmico das superfícies pintadas. Isso significa que, quanto mais baixa é a absorção solar da fachada, menor será sua temperatura.

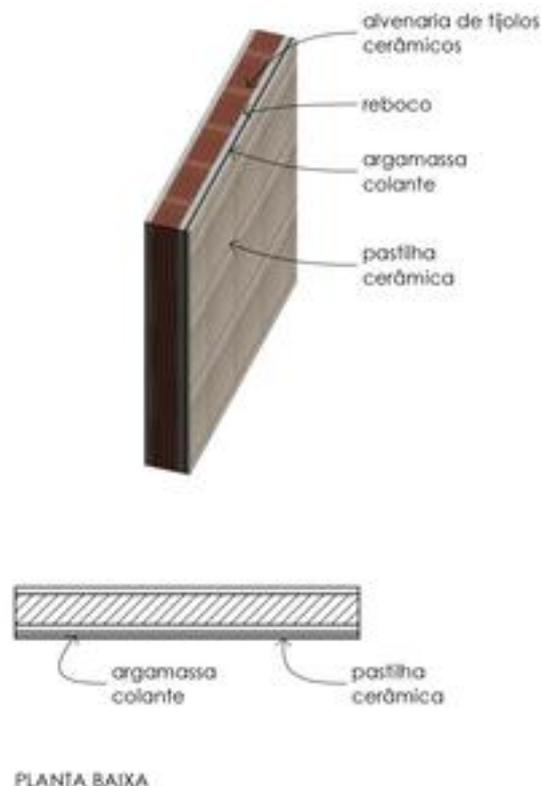
Brugnera e outros (2019) demonstraram que as fachadas tradicionais (compostas pela parte opaca em alvenaria e a parte envidraçada com esquadrias), de edifícios de escritórios com planta livre nas cidades de São Paulo, Curitiba e Manaus, requerem menor consumo energético na maioria dos casos em relação à fachada cortina (fachada composta inteiramente por revestimento em vidro) e indicam que, quanto menor o percentual de abertura da fachada (vidro), maior é a influência do material opaco na economia de energia.

### 2.2.2. REVESTIMENTO CERÂMICO SOBRE ALVENARIA

O revestimento cerâmico é um sistema composto por camadas sucessivas de materiais, que passam por processos de prensagem, até serem queimadas a 1.150°C. As matérias-primas utilizadas são classificadas em plásticas (argilas e caulim) e não plásticas (filitos, feldspato, talco e carbonatos). Cada matéria-prima tem uma função específica durante o processo produtivo: conforto térmico, resistência às intempéries e à maresia, proteção mecânica, não propagar fogo, impermeabilidade, longa vida útil e fácil limpeza e manutenção.

O sistema de revestimento cerâmico (Figura 3) é formado pelas placas cerâmicas, argamassa colante/adesiva, argamassa de rejunte e por todas as camadas anteriores até a base (substrato, preparação da base e base).

Figura 3 – Camadas constituintes do revestimento cerâmico de fachada.



Fonte: autora.

A argamassa de regularização da alvenaria se comporta exatamente como no acabamento realizado com pintura. As argamassas colantes têm a função de reter a água e são aplicadas em uma camada fina, a fim de aderirem ao revestimento cerâmico. Já a argamassa de rejunte, aplicada entre as placas cerâmicas, tem a finalidade de absorver as deformações, aliviando as tensões geradas na fachada, impermeabilizar a superfície, dar resistência à abrasão e à ação de fungos (RESENDE, 2017).

Figura 4 – Edifício Pop XYZ. Projeto: Triptyque.



Fonte: Pereira (2018).

O revestimento cerâmico é muito utilizado nas construções brasileiras (Figura 4) pois protege contra infiltrações externas, garante mais conforto térmico ao interior das edificações, oferece boa resistência às intempéries e à maresia, funciona como proteção mecânica de grande durabilidade, tem longa vida útil e é de fácil limpeza e manutenção. Aliadas à grande variedade de padrões, cores e texturas, essas características fazem com que pastilhas e cerâmicas sejam as opções mais

lembradas quando o objetivo é buscar diferenciais estéticos e de mercado para um empreendimento e melhorar a relação custo/benefício (RESENDE, 2017).

Mizgier e Penso (2016) analisaram duas tipologias de fachadas em edifício de escritórios na cidade de São Paulo, uma com revestimento cerâmico aderido, tradicional, e a segunda com fachada ventilada. Os resultados apontaram que o revestimento comum aderido é mais eficiente, demandando menor carga térmica para o edifício, do que a fachada ventilada, quando se trata de baixa absorvância à radiação solar no verão. O quadro se alterna somente quando se trata de absorvâncias médias ou altas, condição na qual a fachada ventilada tem maior eficiência.

O constante aparecimento de patologias nas fachadas revestidas com cerâmicas, além do grande desperdício de material durante a execução, tem feito com que construtoras e projetistas busquem novas opções de revestimento de fachadas para facilitar a manutenção e aumentar a durabilidade das vedações dos edifícios.

Nadoushani e outros (2017) analisaram uma série de critérios para a definição da tipologia de fachada mais adequada em termos de sustentabilidade para o *retrofit* de um edifício localizado no porto de Sidney, na Austrália. Os critérios avaliados foram: o impacto do ciclo de vida dos materiais; a energia incorporada em carbono nos materiais; a eficiência térmica dos sistemas; a possibilidade de renovação dos recursos utilizados pelos sistemas; a possibilidade de reutilização ou reciclagem dos materiais e os pontos críticos de acesso aos materiais. Dentre as fachadas analisadas (parede dupla de tijolos, com cavidade central; painéis em alumínio composto; revestimento em pastilhas cerâmicas; painéis de concreto aerado e parede dupla em blocos de concreto), o resultado mostrou que os painéis em concreto aerado e a parede em bloco de concreto foram os sistemas mais sustentáveis, sendo o revestimento cerâmico identificado como o menos sustentável. Os autores alertam, porém, que os resultados podem variar bastante de acordo com o tipo de projeto, sua localização, as necessidades do edifício e, ainda, de acordo com o peso dado aos critérios de análise no exato momento da pesquisa e no país em questão.

### 2.2.3 REVESTIMENTO EM ROCHAS SOBRE ALVENARIA

Os materiais rochosos são utilizados na construção civil há milhares de anos pela grande diversidade e beleza de seus padrões estéticos, além dos aspectos funcionais de grande durabilidade. Rochas podem ser definidas como corpos sólidos naturais, formados por agregados de um ou mais minerais cristalinos (FILHO; RODRIGUES, 2009). Os diversos desenhos, texturas e cores apresentados pelas rochas são derivados das mais diferentes formas de cristalização de sua estrutura, da mineralogia e da constituição química. Devido a essas características, as rochas são muito utilizadas também em revestimento de fachadas (Figura 5).

Figura 5 – Hotel Hilton Morumbi, São Paulo.



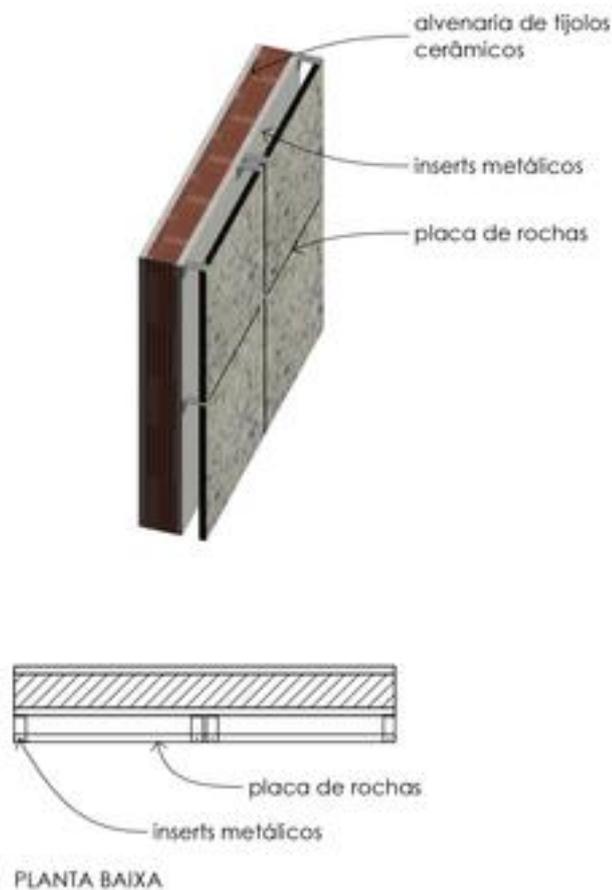
Fonte: Paiva (2003).

Sendo um material natural, as rochas têm propriedades físicas, mecânicas e químicas variáveis em função da jazida de proveniência, onde são extraídas em blocos e posteriormente serradas em placas.

Para fins comerciais, as rochas ornamentais são basicamente subdivididas em granitos e mármore. Alguns outros tipos também utilizados na construção civil são os quartzitos, serpentinitos, travertinos, calcários (*limestones*) e ardósias. Devido às grandes diferenças estruturais e de composição das rochas, é importante respeitar as designações comerciais aplicadas.

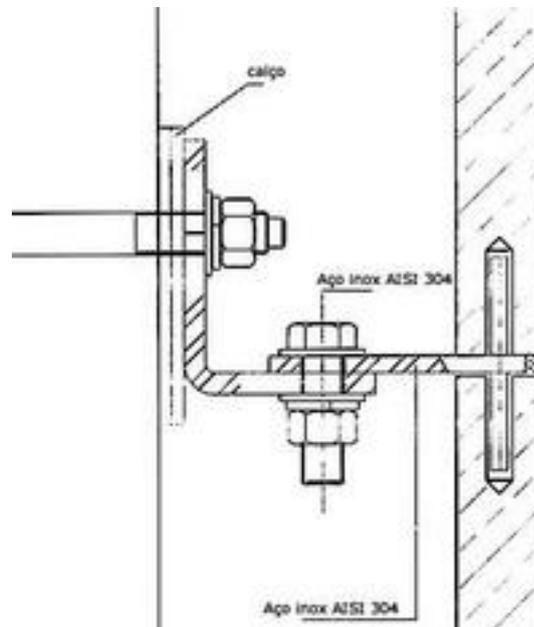
Existem basicamente dois tipos de fixação das placas de rochas nas fachadas. O sistema por aderência, que utiliza argamassa colante e o sistema que utiliza *inserts* metálicos (Figuras 6 e 7) que substitui o primeiro sistema, trazendo inúmeras vantagens à construção.

Figura 6 – Composição da fachada em placas de rochas.



Fonte: autora.

Figura 7 – Sistema de ancoragem das placas de rochas nas fachadas.



Fonte: Paiva (2003).

O sistema de fixação por *inserts* elimina o contato direto da rocha com a vedação do edifício, permitindo que o material seque mais rapidamente. Além disso, a camada de ar formada por este espaçamento entre a chapa e a alvenaria colabora com o isolamento térmico e acústico do edifício, melhorando o conforto interno (CHIODI FILHO E RODRIGUES, 2009; RESENDE, 2017) (Figura 8).

Figura 8 – Detalhes de fachadas aeradas revestidas em granito.



Fonte: Filho e Rodrigues (2009).

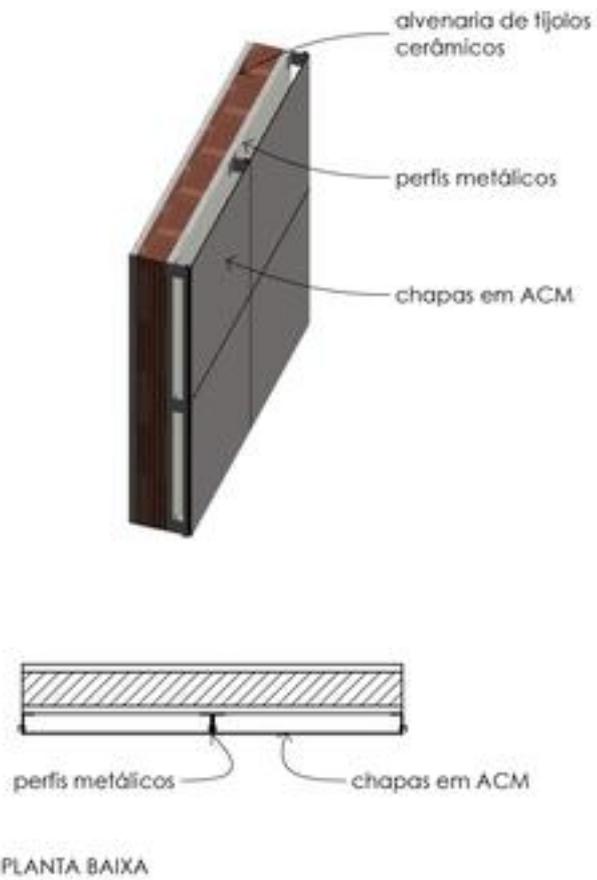
#### 2.2.4 ALUMÍNIO COMPOSTO (ACM) SOBRE ALVENARIA

Os painéis compostos de alumínio, comumente conhecidos como ACM (*aluminium composite material*), foram criados em 1965 na Alemanha pela empresa *Alusuisse Composites*, para serem destinados, principalmente, para o revestimento de fachadas. Os painéis em ACM são compostos por duas chapas de alumínio tratadas e um núcleo de polietileno, um isolante de baixa densidade, totalizando uma espessura de 4 mm.

Esse tipo de fachada cortina é composto por uma subestrutura reticulada de alumínio, nivelada, parafusada no edifício, e pelos painéis de ACM que podem ser conformados e perfilados na fábrica e somente montados no local (Figura 9). Existem diferentes métodos de instalação das placas na subestrutura podendo ser parafusadas, encaixadas ou estruturadas (coladas por meio de silicone estrutural ou fitas adesivas) (RESENDE, 2017).

Devido à sua composição, o ACM pode assumir muitas formas, podendo ser dobrado ou curvado, envolvendo o edifício como uma segunda pele (Figura 10). Os painéis de ACM transmitem aos edifícios corporativos a imagem que as corporações desejam passar à sociedade. Como o vidro e o aço, o alumínio tem largo uso em edificações institucionais. É um sistema de fachada montado, do tipo cortina, e não construído no local, como os revestimentos aderidos tradicionais. O ACM tem, ainda, a vantagem de ser muito leve, o que reflete no alívio na sobrecarga do edifício, é maleável, liso, estanque, tem bom desempenho térmico e acústico e ótima resistência às condições climáticas e corrosão. Outras vantagens são uma fachada livre de descolamento, trincas e eflorescências; montagem sem desperdício e com a estrutura em andamento, redução da pressão do vento na vedação interna; controle da passagem de água e redução de gastos com manutenção (RESENDE, 2017).

Figura 9 – Composição da fachada em placas de ACM.



Fonte: autora.

Figura 10: Edifício WT Nações Unidas. projeto: Edo Rocha.



Fonte: Bonafé (s.d.).

Por outro lado, não é uma solução que resolve a vedação vertical do edifício, havendo necessidade de outra vedação interna, como paredes de alvenarias ou divisórias. Além disso, existem ainda preocupações quanto ao material ser ou não inflamável, principalmente após o incêndio na Grenfell Tower, em Londres, em junho de 2017.

Bender e outros (2017) analisaram a substituição de painéis de ACM por painéis fotovoltaicos na fachada de um edifício de escritórios, com 5 andares. Os resultados indicaram que os painéis fotovoltaicos induzem a um maior consumo de energia no interior em relação aos painéis em ACM, tendo menor eficiência energética. Porém, os autores recomendam a utilização dos painéis fotovoltaicos pois produzem energia e assim podem suprimir parte da demanda criada, mesmo não sendo instalados na posição ideal, pois a posição da fachada a 90° do solo, não permite a maior captação dos raios solares, que se daria com os painéis posicionados a 30°.

### **2.2.5 LIGHT STEEL FRAME COM PAINÉIS CIMENTÍCIOS E GESSO ACARTONADO**

Durante as últimas décadas, alguns novos sistemas de construção foram desenvolvidos utilizando molduras e material leves industrializados. Uma construção fácil, rápida e limpa assim como menos peso na estrutura são as principais vantagens destes sistemas, que colaboram com a redução do impacto ambiental (NAJI et al., 2016).

As placas cimentícias (Figura 11) são fabricadas com cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados. Também conhecido como fibrocimento, este material permite revestir paredes com estruturas leves, não combustíveis e resistentes à chuva, gerando ao mesmo tempo fachadas com texturas, cores e tonalidades variadas. O painel de fibrocimento é facilmente manipulado, cortado e perfurado. Pode ser instalado em fachadas ventiladas, quando há uma distância entre as placas e a base de vedação, ou podem compor o sistema de *Light Steel Frame* (Figura 12) funcionando como vedação externa e sendo composta com placas em gesso acartonado no interior dos ambientes.

Figura 11 – City Square Mortesel. Projeto: ABSCIS Architecten, Bélgica.



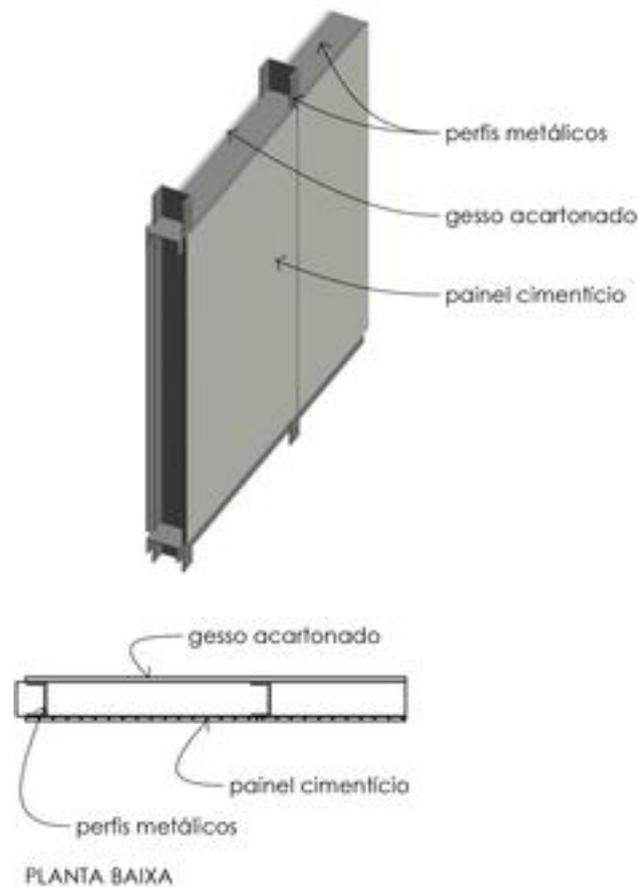
Fonte: Franco (2018).

Há diferenças importantes entre as placas disponíveis no mercado. As placas cimentícias possuem constituição permeável ao vapor de água e relativa estanqueidade à água no estado líquido. As diferentes tecnologias de produção interferem diretamente nas propriedades e desempenho das placas. Uma das características que marcam estas diferenças é a capacidade de absorção de água, que varia de fabricante para fabricante (MEDEIROS, 2014).

As principais características das placas cimentícias para vedações são elevada resistência a impactos; resistência à umidade, podendo ser exposta às intempéries; incombustibilidade; facilidade de corte; possibilidade de compor paredes curvas depois de saturadas; baixo peso próprio (até 18 kg/m<sup>2</sup>) facilitando o transporte e manuseio; compatível com a maioria dos acabamentos e revestimentos como pintura, cerâmica e placas de rocha.

A fim de melhorar o desempenho acústico, térmico e na segurança contra incêndios, a composição do sistema pode variar através da espessura das placas ou do preenchimento interno com material isolante ou resistente ao fogo até que o nível de desempenho seja atingido.

Figura 12 – Composição da fachada em *Light Steel Frame* e placas cimentícias



Fonte: Autora.

Segundo Naji e outros (2016), o isolamento térmico da edificação está entre os fatores mais significativos da fachada para que se alcance o conforto térmico internamente, reduzindo a transmitância (valor U) da camada externa do edifício, o que resulta em redução no indesejado ganho de calor. Sendo assim, o isolamento térmico do edifício reduz não somente a necessidade de climatização, mas também o gasto com energia. Em sua pesquisa, eles comprovaram que, para uma residência que utiliza o sistema de *wood frame*, ou seja, molduras em madeira, e vedação em placas de gesso acartonado e placas cimentícias, o aumento do isolamento, com baixo valor de condutibilidade térmica favorece a redução no valor U da fachada, o que, por sua vez, favorece a economia com energia dedicada ao aquecimento e arrefecimento.

### 2.2.6. PELE DE VIDRO

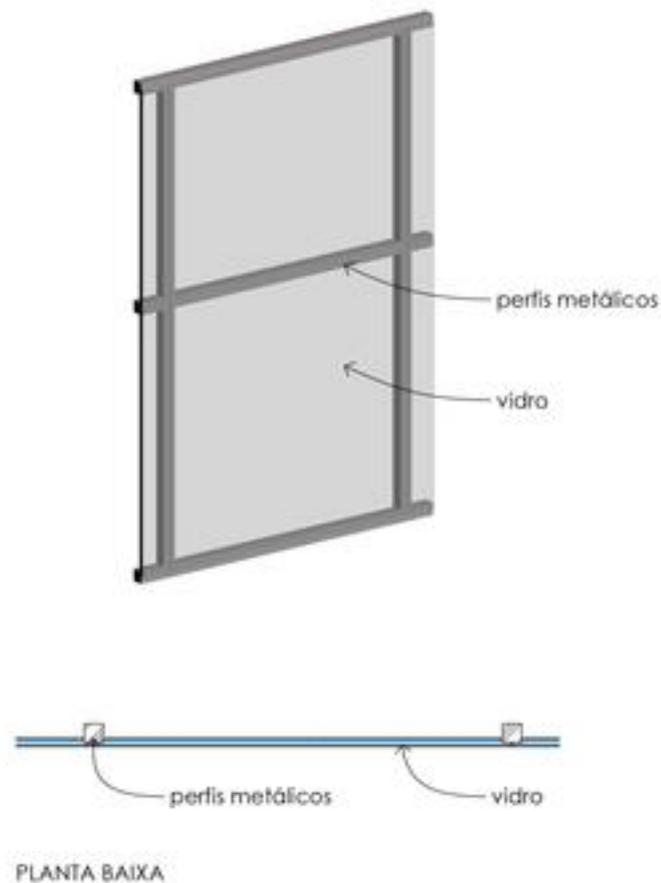
O uso do vidro nas edificações, objetivando melhorar a iluminação dos ambientes internos com menor transmissão de calor entre interior e exterior, passou a ser um grande desafio nas últimas décadas com a introdução dos conceitos de desempenho térmico e eficiência energética dos edifícios. Os sistemas para vedação de fachada que fazem uso do vidro evoluíram bastante ao longo dos anos com ganhos em velocidade de instalação, qualidade dos componentes e, do ponto de vista estético, com a diminuição da exposição da subestrutura metálica.

Encontram-se, no mercado da construção, soluções eficientes para controle solar, diminuindo a transmissão de calor para o interior da edificação sem prejudicar a iluminação dos ambientes. Também é possível beneficiar e compor lâminas de vidro de modo a obter vidros de segurança, decorativos, resistentes ao fogo, autolimpantes, com os mais variados níveis de desempenho.

A história das fachadas em vidro no Brasil se inicia na década de 1970, quando os primeiros sistemas em fachada cortina começaram a dominar o mercado da construção no país. Esses sistemas de vedação utilizando estrutura metálica e vidro ficaram comumente conhecidos como “pele de vidro”. No primeiro sistema, o convencional, os perfis que emolduram os quadros de vidro ficavam bastante salientes para o lado externo do edifício, formando uma malha, ou *grid*. Na década de 1980, surgiu um sistema que amenizava a marcação dos perfis em alumínio e, na década seguinte, foi inserido no mercado o *Structural Glazing* ou vidro exterior colado (Figura 13), que fixa os vidros por meio silicone estrutural ou fita dupla face (MEDEIROS, 2014). Na década de 2000, surge o sistema unitizado, que permite que a estrutura e o vidro sejam instalados no edifício simultaneamente, por já virem unidos de fábrica, como pode-se ver na Figura 14, que ilustra a montagem de uma fachada com sistema unitizado em um edifício em Brasília.

Este sistema pode incluir painéis opacos na composição, como chapas em alumínio ou venezianas, que já vêm conectados aos painéis em vidro de fábrica, sendo toda a realização do acabamento de fachada realizado em uma única etapa (MEDEIROS, 2014).

Figura 13 – Composição da fachada em pele de vidro *structural glazing*.



Fonte: autora.

Pinto e Simon (2016) compararam o desempenho de fachadas com vidro laminado e vidro insulado, instalados em edifícios de escritórios nas cidades de Porto Alegre e Florianópolis, e os resultados obtidos indicaram que os vidros insulados aplicados em edifícios com alta carga térmica interna, resultam em maior consumo energético. Destacaram que, apesar de ser muito utilizado em países com invernos rigorosos devido ao seu poder isolante, em climas temperados, evita a dissipação de calor, aumentando o consumo para resfriamento, sendo desvantajoso economicamente, quando comparado a um vidro laminado de mesmo fator solar.

Poirazis, Blomsterberg e Wall (2008) verificaram que, de acordo com as análises realizadas em edifícios de escritórios com fachadas em vidro na Suécia, a utilização de vidro de baixa emissividade (*low-e*) foi uma boa escolha para a diminuição de

demanda com aquecimento, enquanto para a refrigeração, esse tipo de vidro não influenciou muito nos resultados.

Figura 14 – Edifício em construção em Brasília, na fase de montagem da pele de vidro.

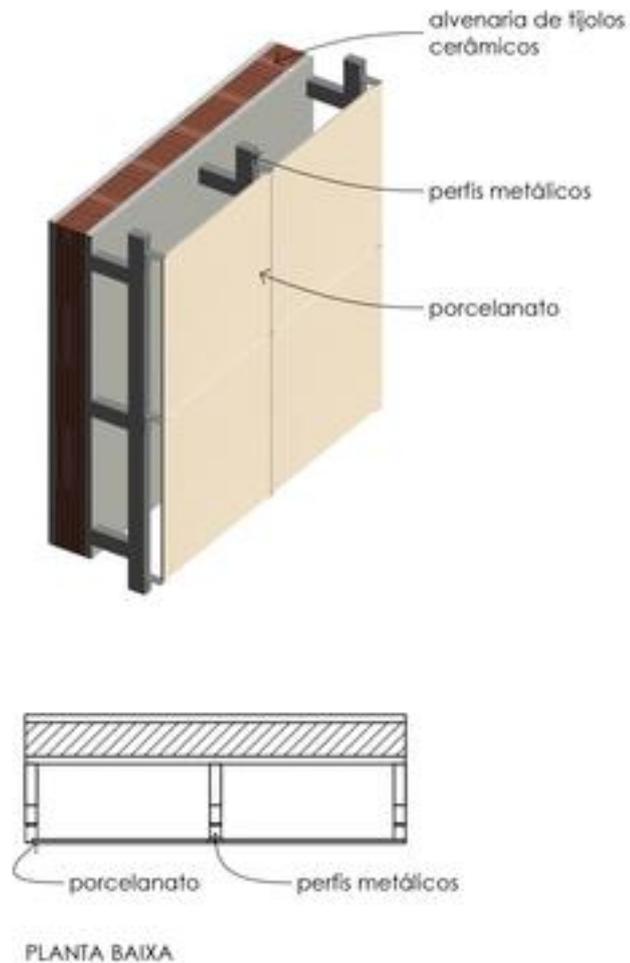


Fonte: autora.

### 2.2.7 FACHADA VENTILADA

Os sistemas de fachada ventilada são compostos por uma subestrutura metálica ancorada à estrutura principal da edificação sobre a qual são fixados os painéis de fechamento (Figura 15). Entre esses painéis e a vedação interna (paredes externas do edifício) existe uma camada de ar circulante provocado pelo efeito conhecido como efeito chaminé, onde o ar quente tende a subir, criando uma diferença de pressão no interior da fachada. A eficiência deste movimento do ar depende do dimensionamento correto das aberturas de entrada e saída da câmara de ar, das aberturas entre os painéis de fechamento e do afastamento entre esses painéis e a estrutura do edifício (geralmente entre 10 a 20 cm), além das condições de ventilação atuantes sobre a fachada (MEDEIROS, 2014).

Figura 15 – Composição da fachada ventilada.



Fonte: autora.

As fachadas ventiladas contribuem para a eficiência energética melhorando o isolamento térmico, eliminando a transmissão direta de calor entre a vedação mais externa e a vedação interna do edifício e eliminando também a radiação solar direta sobre a estrutura da construção (RESENDE, 2017; MEDEIROS, 2014).

Os painéis de fechamento podem ser de diferentes materiais. Os tipos de painéis mais comuns no mercado brasileiro são os painéis de alumínio composto (ACM), os laminados melamínicos, os painéis de concreto polimérico, as placas de rocha e os painéis cerâmicos extrudados ou prensados (Figura 16).

Echarri-Iribaren, Echarri-Iribaren e Rizo-Maestra (2019) avaliaram os sistemas de fachadas ventiladas em Castellon, na Espanha, utilizando porcelanatos de grandes formatos e os painéis em ACM e verificaram que o porcelanato trazia maiores benefícios térmicos do que o ACM.

Figura 16 – Central Saint Giles, Londres.



Fonte: Gelinski (2012).

Berli, Brondino e Di Paolo (2018) comprovaram matematicamente a melhoria no conforto térmico em edifícios altos de escritórios em Santa Fé de la Vera Cruz, na Argentina, com a criação de uma câmara de ar na fachada, envolvida por uma parede externa de concreto com espessura de 20 cm e por uma parede interna em concreto com espessura de 7 cm. Os resultados mostram uma redução de cerca de 75% no repasse do calor absorvido pela parede externa para a parede interna, no verão, devido ao fluxo de ar permitido por aberturas entre os pavimentos.

Maciel e Carvalho (2019) compararam dois tipos de fachadas: fachada ventilada com painéis em granito e a fachada convencional com revestimento aderido em placas de granito, em um edifício residencial de oito pavimentos em 16 cidades brasileiras localizadas em 9 regiões climáticas distintas. Os resultados

demonstraram que a fachada ventilada tem melhor desempenho energético nas 9 zonas analisadas, especialmente para a economia com refrigeração nas cidades com maiores temperaturas. A estimativa de economia em valores é de até 3.470,00 dólares, identificado na cidade de São Luís, no Maranhão, tendo a restituição do valor investido na construção da fachada ventilada em até 20 anos.

As fachadas ventiladas, de acordo com a NBR 9.077 (ABNT, 2001), são menos resistentes à propagação do fogo por permitirem sua rápida propagação nos pavimentos, enquanto as fachadas com revestimentos aderidos tem menor possibilidade de propagação do fogo entre os andares do edifício.

### **2.3 A NORMATIZAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO**

Após o acordo sobre as mudanças climáticas de Paris em 2015, medidas estão sendo tomadas com a finalidade de reduzir consideravelmente a emissão de carbono no mundo até 2030. Maiores esforços estão sendo conduzidos no sentido de diminuir as emissões provocadas pelos edifícios, que correspondem a aproximadamente 40% de toda emissão de carbono do planeta (BERARDI, 2017). Na última década, várias pesquisas sobre o impacto dos edifícios na economia e no meio ambiente têm direcionado à adoção de políticas energéticas e ambientais para aumentar a sustentabilidade em edifícios. (ECHARRI-IRIBAREN; ECHARRI-IRIBAREN e RIZO-MAESTRA, 2019).

O desempenho de uma edificação ou de suas partes pode ser caracterizado como uma relação entre seu comportamento quando em uso e operação frente às condições de exposição e o comportamento esperado por seus usuários, levando em consideração as necessidades humanas em relação ao uso da edificação.

As normas são então criadas a fim de regulamentar os projetos e a especificação dos materiais envolvidos nas construções para garantir a eficiência energética dos edifícios. Em 2005, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações, a NBR 15.220 que, dividida em cinco partes, apresenta o seguinte conteúdo (ABNT, 2005):

Parte 1: Definições, símbolos e unidades;

Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;

Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;

Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida; e

Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

Esta NBR apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto. Estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, com recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixados.

Outras normativas foram desenvolvidas objetivando complementar e abranger distintos setores da construção civil. Em julho de 2013 entra em vigor a NBR 15.575 – Edificações Habitacionais - Desempenho (ABNT, 2013), que estabelece exigências de conforto e segurança em imóveis residenciais. A nova norma representa uma revolução conceitual sobre os requisitos mínimos de qualidade para casas e edifícios residenciais. Pela primeira vez, uma norma brasileira associa a qualidade de produtos ao resultado que eles conferem ao consumidor, com instruções claras e transparentes de como fazer essa avaliação. As regras privilegiam benefícios ao consumidor e dividem responsabilidades entre fabricantes, projetistas, construtores e usuários.

A norma NBR 15.575 é um conjunto de normas organizada em seis partes, estabelecendo critérios e métodos de avaliação de desempenho para os principais sistemas que compõem um edifício, abordando temas relacionados a sistemas estruturais, sistemas de pisos internos, sistemas de vedações verticais internas e externas, sistemas de coberturas e sistemas hidrossanitários. Esse conjunto de normas é abrangente e define requisitos de desempenho que se aplicam ao edifício habitacional por meio de critérios de segurança, habitabilidade, higiene, saúde, durabilidade e adequação ambiental, considerando as necessidades dos usuários e

as condições de exposição da edificação ao longo de sua vida útil mínima obrigatória.

Apesar de ser específica para edificações habitacionais, pode ser utilizada como referência para uma análise geral do desempenho dos sistemas de fachada. Como estes sistemas têm a função de vedar externamente a edificação, a parte 4 da NBR 15.575, que trata dos requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, é a mais aplicável para a abordagem pretendida nesta pesquisa. Esta norma abrange a maior parte dos requisitos necessários ao projeto de uma solução de fachada, embora critérios específicos exigidos a cada sistema ou material não sejam contemplados.

Como resultado das avaliações de desempenho, em relação ao conforto térmico, as soluções de revestimento e vedação devem apresentar valores de transmitância e capacidade térmica que proporcionem desempenho de modo a satisfazer as condições mínimas estabelecidas pela NBR 15.575 para cada zona bioclimática.

Os valores máximos para a transmitância térmica (U) das paredes externas são apresentados na Tabela 1. Os valores mínimos para a capacidade térmica (CT) das paredes externas são apresentados na Tabela 2. Para o procedimento simplificado as vedações leves costumam não atender aos valores desta tabela e, por isso, a recomendação é proceder à simulação de desempenho térmico ou realização de medições em campo (MEDEIROS, 2014).

Tabela 1 – Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância Térmica U (W/m <sup>2</sup> .K)		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	α ≤ 0,6	α > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

A é a absortância à radiação solar da superfície externa da parede

Fonte: ABNT (2013).

Tabela 2 – Capacidade térmica de paredes externas

Capacidade Térmica (CT) (kJ/m <sup>2</sup> .K)	
Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	≥ 130

Fonte: ABNT (2013).

Para a avaliação de desempenho térmico da edificação por meio do método de simulação computacional, a NBR 15.575 faz as seguintes determinações:

- O modelo de simulação deve considerar toda a edificação e cada ambiente como uma zona térmica;
- Na composição dos materiais de construção do edifício para a simulação, deve-se utilizar dados das propriedades térmicas dos materiais obtidos em laboratório ou disponibilizados pela NBR 15220-2;
- A simulação deve ser feita para um dia típico de verão e um de inverno nas condições de pior orientação solar possível e
- A absorvência à radiação solar das superfícies expostas deve ser definida conforme a cor e as características dessas superfícies. Para cores claras, a absorvência recomendada é de 0,3.

Tanto os regulamentos quanto as normas brasileiras têm como referência as normas da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) que incentivou o setor de ar condicionado da indústria americana a iniciar, na última década do século XX, pesquisas revendo os conceitos e índices definidores do conforto térmico.

Em 1975, foi divulgada primeira edição da norma ASHRAE Standard 90, que especifica os requerimentos mínimos para projetos de alta eficiência energética em edifícios habitacionais. Esta norma passou por diversas revisões. Em 1999, o quadro de diretores da ASHRAE votou por manter a Standard 90 em constante manutenção, de acordo com as rápidas mudanças nas tecnologias envolvendo a área de produção energética e seus custos. Em 2001, a norma foi rebatizada de ASHRAE 90.1 e desde então foi atualizada em 2004, 2007, 2010, 2013, 2016 e 2019 a fim de refletir as novas tecnologias em desenvolvimento (ASHRAE, 2019).

Seu método prescritivo indica limites máximos ou mínimos de transmitância térmica de elementos opacos e transparentes, resistência térmica de isolamentos e fator solar de vidros de acordo com a área de janela na fachada e orientação solar. Já o método de permutação possibilita que limites de eficiência que tenham ultrapassado os limites do método prescritivo possam ser compensados por outros parâmetros

mais rigorosos. A norma indica valores mínimos e máximos não só para a envoltória do edifício, mas para seus sistemas de climatização e iluminação.

Já o padrão ASHRAE 55, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* (ASHRAE, 2017) corresponde ao padrão americano que estabelece o intervalo de conforto térmico interno dos edifícios aceitáveis pelos seus ocupantes. Foi inicialmente publicada em 1966 e desde 2004 tem sido atualizada a cada três a seis anos. A versão mais recente é de 2017. A nova versão da norma americana contém um método opcional para determinar condições térmicas aceitáveis em espaços naturalmente ventilados. Estudos de campo tem mostrado que a resposta térmica de ocupantes nestes ambientes depende em parte do clima externo e pode diferir da resposta térmica em edifícios com sistema central de ar condicionado. Neste padrão, foram considerados os seguintes fatores: condicionantes de projeto, o usuário em condições saudáveis e adultas, valores variáveis de limites para as atividades, para o vestuário e para as condições térmicas internas do ambiente. O objetivo principal da ASHRAE 55 é definir as combinações térmicas para ambiente interno ventilado naturalmente, bem como fatores pessoais, especificando as condições térmicas de 80% de aceitabilidade ou mais para os usuários.

Baseando-se nas normas ISO 7730: 2005, *Ergonomics of the Thermal Environment - Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria* e ASHRAE Standard 55-2017, *Thermal environmental conditions for human occupancy*, a ABNT desenvolveu uma revisão da NBR 16.401-2 - Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico (ABNT, 2017). Esta NBR revoga a NBR 6401, de 1980, também sobre instalações de ar-condicionado, adequando-se às pesquisas internacionais mais recentes. Esta norma se divide em três partes:

Parte 1: Projeto das instalações

Parte 2: Parâmetros de conforto térmico

Parte 3: Qualidade do ar interior

Segundo a NBR 16401-2, o conforto térmico está associado a seis principais variáveis, que devem ser analisadas adequadamente. São elas: taxa metabólica

humana, isolamento da vestimenta, temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar (ABNT, 2017).

Em paralelo ao desenvolvimento das normas técnicas, os programas de etiquetagem de eficiência energética para edifícios vão ganhando força no cenário nacional. Devido à grande crise energética em 2001, o Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica (Procel) evoluiu, em 2003, para o Procel Edifica, deixando a vertente de análise de consumo de energia em equipamentos elétricos e voltando-se para as edificações. Em 2009, a Eletrobrás, em parceria com o INMETRO elaborou e publicou os RTQs (Regulamentos Técnicos da Qualidade) para etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações, nascendo então a etiqueta PBE Edifica. Os regulamentos foram elaborados em dois tipos, RTQ-R, para edificações residenciais, e RTQ-C, para edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (ELETROBRÁS/PROCEL; INMETRO; CB3E, 2014).

Em 2014, a obtenção desta certificação passou a ser obrigatória para edificações públicas federais, tanto para obras novas quanto de reforma. De acordo com Eletrobrás/Procel, Inmetro e Cb3e (2014) essa iniciativa visa aumentar a relevância das discussões de estratégias simultâneas da área de conforto e eficiência energética através da aplicação do método e seus resultados.

Devido à constatação de limitações relacionadas ao método prescritivo vigente de etiquetagem do PBE Edifica, os RTQs, o programa PROCEL Edifica, junto à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), vêm trabalhando em uma nova proposta de método de avaliação denominado INI (Instrução Normativa Inmetro). O novo método se baseia no consumo da energia primária de edificações a partir da utilização de dados provenientes de um metamodelo fundamentado em redes neurais artificiais (LEITE; HACKENBERG, 2020).

No RTQ-C (INMETRO, 2013) são estabelecidos critérios para avaliar o desempenho de edificações segundo três sistemas: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. Os resultados das avaliações são expressos através de etiquetagem (ENCE). O regulamento prevê a possibilidade de adquirir quatro tipos de etiquetas: edifício completo, envoltória, envoltória e iluminação, envoltória e condicionamento de ar. Esta mesma categorização em três sistemas foi mantida no INI-C, assim como os quatro tipos de etiquetas (LEITE; HACKENBERG, 2020).

Para a etiquetagem da envoltória, o RTQ-C prevê a possibilidade de utilização de dois métodos:

- Método Prescritivo: avalia o sistema de envoltória por meio de cálculos orientados por parâmetros pré-estabelecidos no regulamento, aliados às características da edificação. Gera o Índice de Consumo da Envoltória como parâmetro de classificação. Este método não considera a ventilação natural e nem o consumo de equipamentos;
- Método de Simulação Termo Energética: a edificação é modelada conforme as características de projeto e a classificação da envoltória é determinada segundo as horas ocupadas em conforto dos ambientes não condicionados de longa permanência.

Já o INI-C também possibilita a análises por dois métodos:

- Método simplificado: avalia a envoltória por meio da criação de metamodelos baseados em redes neurais artificiais. Para isto, os dados da edificação são aplicados à planilha de metamodelo em duas versões, real e de referência. A versão real corresponde exatamente à edificação de estudo, enquanto para a de referência se aplicam, dentro dos mesmos aspectos de geometria e configuração de zonas térmicas internas (conforme a disposição de ambientes) da construção real, materiais e características de envoltória padronizados, compilados conforme os aspectos construtivos predominantes no contexto brasileiro para o tipo de ocupação estudado. São obtidos a partir dos metamodelos os valores de consumo de energia anual com refrigeração dos ambientes (carga térmica de resfriamento) para as duas versões, e estes valores são correlacionados para definição da classificação de desempenho (CB3E, 2017).
- Método de simulação Termo Energética: a simulação se baseia em um modelo computacional da edificação contraposto à um modelo de referência (conforme parâmetros pré-estabelecidos pelo método). O objetivo é obter as horas não atendidas de conforto da edificação e correlacionar com a carga térmica anual. Apenas este método possibilita considerar a ventilação natural dos ambientes, por isso é recomendado como complementar ao método simplificado.

Todas as normas vigentes e métodos de avaliação desenvolvidos colaboram na elaboração de estudos e análises para a adequação dos projetos arquitetônicos e

especificações dos sistemas e materiais de fachada de maneira adequada e sustentável, visando a eficiência e sustentabilidade do edifício ao longo de sua vida útil.

## **2.4 DESEMPENHO TÉRMICO DOS MATERIAIS**

Cada vez mais, os sistemas construtivos devem ser repensados de forma a incluir as considerações energéticas e ambientais no projeto, harmonizando as construções, a fim de aperfeiçoar as relações entre o homem e a natureza, tanto no que diz respeito à redução de impactos ambientais quanto à melhoria da qualidade de vida. Neste contexto, conhecer o comportamento térmico dos fechamentos das edificações permite aos projetistas estabelecerem estratégias para que as construções possam responder de maneira eficiente às variações climáticas, fornecendo as condições técnicas necessárias para o atendimento de critérios mínimos de desempenho, oferecendo conforto ao usuário, minimizando o uso de equipamentos e o consumo de energia (SANTOS et al., 2015).

A especificação dos materiais, principalmente de envoltória das edificações, define grande parte de seu desempenho térmico, pois paredes e esquadrias têm propriedades térmicas diferentes, permitindo absorção, reflexão, transmissão, ou armazenamento do calor de diferentes formas, devendo-se equilibrar tais qualidades com as possibilidades de filtragem da luz. Segundo Nico-Rodrigues (2015), para a definição de ambientes com o mínimo de desempenho térmico é necessário que sejam consideradas as propriedades térmicas e físicas dos materiais das edificações como prescreve a NBR 15.575.

Equilibrar o modo com que a fachada absorve e reflete a radiação solar é um dos meios mais eficazes para controlar a quantidade de calor que entra em uma edificação. Esta troca de calor se dá tanto pelas superfícies opacas, quanto pelas translúcidas. Segundo Brown e Dekay (2004), o ganho térmico por superfícies translúcidas é muito superior ao ganho que acontece por meio das superfícies opacas, podendo chegar a 85% da radiação incidente. Portanto, um dos fatores a ser observado na composição das fachadas é o percentual de aberturas, com o objetivo de minimizar os ganhos térmicos e maximizar a entrada de iluminação

natural. Alguns componentes translúcidos têm a capacidade de reduzir a quantidade de radiação que incide sobre eles, reduzindo a carga térmica interna, sendo que essa propriedade é identificada como fator solar.

O processo de fluxo de calor por meio dos materiais é comparável à absorção da umidade pelos materiais porosos, impregnando-se em camadas sucessivas até que se saturem e o efeito seja sentido no lado interior. As flutuações de temperatura diária que tendem a seguir uma forma mais ou menos senoidal, à medida que passam através da estrutura, são distorcidas na amplitude e retardadas no tempo. O uso de materiais que refletem a radiação em vez de absorvê-la e rapidamente devolvem ao exterior a que não foi absorvida, permite manter temperaturas baixas dentro do edifício. A cor branca reflete 90% ou mais das ondas de radiação solar e o preto reflete somente 15% ou menos da radiação recebida (IVANOSKI, 2004).

A absorptância térmica é uma propriedade adimensional, por se tratar de uma relação entre duas grandezas. Seu conceito é determinado pela NBR 15.220-1 (ABNT, 2005) como o “quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície”. Givoni (1992) aponta que as temperaturas superficiais externas de paredes de alta absorptância são muito superiores à temperatura do ar no exterior da edificação, sendo que essa diferença chega a até 23°C, enquanto que, nas paredes com baixa absorptância (pintadas de branco), a diferença foi inferior a 3°C, indicando o efeito da radiação solar incidente.

Segundo Dornelles, Caram e Sichieri (2014), uma das maiores fontes de ganho de calor da edificação é através da radiação solar direta recebida pelas fachadas. Os resultados demonstraram que a absorptância solar das tintas afeta diretamente o desempenho térmico das superfícies, destacando que quanto menor é a absorptância da superfície externa da envoltória, menor é a temperatura medida na superfície do edifício.

No entanto, um conjunto de outras características físicas também tem uma influência direta, entre elas a composição química de seu material, caracterizada por sua absorptividade; a rugosidade do material (definida por suas micro irregularidades geométricas); e a ondulação da superfície (BERNABÉ, 2012). Alguns desses parâmetros, principalmente o de composição do material, influenciarão não só na

parcela de radiação que será absorvida e refletida, mas também na quantidade de carga térmica que será transmitida para o interior do edifício.

A transmitância térmica, ou valor  $U^1$ , é um dos indicadores de desempenho térmico das edificações. Melo e Lamberts (2008), indicam que o forte isolamento da envoltória dos edifícios, caracterizada pelo baixo valor de transmitância (valor  $U$ ) é bastante satisfatório em locais que possuem inverno rigoroso, mantendo o calor no interior dos ambientes e reduzindo a necessidade de energia elétrica para aquecê-los. Enquanto em locais que possuem verão prolongado, a utilização de isolamento térmico pode aumentar o valor da carga térmica integrada.

Brito (2015), em sua análise sobre os edifícios de escritórios na cidade de São Paulo, demonstrou que, de modo geral, os ambientes de escritórios, com paredes de maior capacidade térmica, menor área de piso e maior área na fachada em relação ao volume do ambiente, têm melhor desempenho térmico, especialmente com o uso de cores claras nas fachadas e dispositivos de sombreamento em aberturas.

Nas regiões mais quentes, uma envoltória muito isolada dificulta a dissipação dos ganhos internos para o exterior, como também constataram Boyano, Hernandez e Wolf (2013) em sua pesquisa em diferentes regiões da Europa. Este fato contribui para a elevação da temperatura interna, exigindo uma maior utilização de sistema de condicionamento de ar e aumentando o consumo de energia elétrica. Portanto, se por um lado uma vedação externa de transmitância baixa tende a repassar menos carga térmica para o interior, por outro, esse isolamento tende a dificultar a dissipação dos ganhos internos para o exterior, contribuindo para elevar a temperatura dentro do ambiente, sobretudo em edificações comerciais pela grande carga térmica interna advinda de iluminação, equipamentos e ocupação.

Mello (2007) estudou o isolamento das envoltórias, variando as tipologias das edificações, as cargas internas dos equipamentos instalados e a transmitância dos materiais das fachadas. Os resultados confirmaram que, para os casos de edifícios

---

<sup>1</sup> Transmitância térmica, ou valor  $U$ , cuja unidade é dada por  $W/(m^2K)$ , é o inverso da resistência térmica de um componente construtivo (parede, cobertura, etc) e é definida como o fluxo de calor que, na unidade de tempo e por unidade de área, passa através do componente, para uma diferença unitária entre as temperaturas do ar em contato com cada uma das faces desse mesmo componente.

com grandes cargas instaladas internamente, o aumento do valor da transmitância da envoltória significou maiores economias de energia.

Diante do exposto, o clima, a absorvância dos componentes opacos, a carga interna e o padrão de uso dos edifícios são parâmetros fundamentais para a eficiência térmica das construções, enquanto o valor de transmitância dos materiais empregados nas fachadas não necessariamente define a eficiência energética e a melhoria do conforto interno como esperado em alguns casos.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos adotados para a obtenção do objetivo geral desta pesquisa foram divididos em cinco etapas:

1. Definição da área de estudo e caracterização climática;
2. Caracterização da tipologia de edifício comercial e sistemas de fachada;
3. Avaliação de desempenho térmico;
4. Análise do custo de climatização da edificação; e
5. Apresentação dos resultados.

#### 3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Vitória está localizada no litoral da região Sudeste (Figuras 17, 18 e 19), no Estado do Espírito Santo (ES), com coordenadas  $20^{\circ} 16'$  ( $20,26$  UTM) de latitude e  $40^{\circ} 17'$  ( $40,28$  UTM) de longitude.

Figura: 17: Localização do ES no Brasil e no Sudeste.



Fonte: IJSN (2019).

Figura: 18: Localização de Vitória no ES e na Região Metropolitana da Grande Vitória.



Fonte: PMV, 2011.

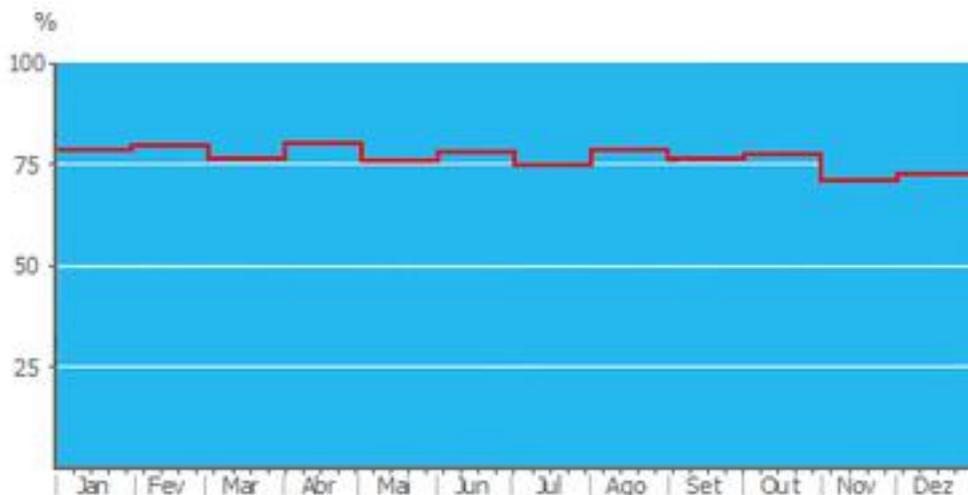
Figura 19 – Mapa administrativo de Vitória.



Fonte: Prefeitura Municipal de Vitória (2019b).

Segundo a classificação de climática de Köppen-Geiger, Vitória recebe a classificação Aw, que é caracterizada por um clima tropical, com inverno seco e com temperaturas não inferiores a 18°C. As chuvas são concentradas no verão, com temperaturas médias de 24°C. É uma região úmida (Gráfico 1) com alta intensidade de chuvas, alcançando 1800mm anuais. Possui temperatura amena com média anual em torno de 23,5°C (Gráfico 2). Há uma maior concentração de pluviosidade nos meses de novembro a março, coincidindo com as temperaturas médias mais altas do ano. Embora o valor da queda pluviométrica anual seja variável, podemos situá-la em torno de 1.300mm. Há um período do ano considerado como sub seco, o qual está compreendido entre junho e agosto, com menor índice pluviométrico nesse último mês. No estudo dos ventos, três são os aspectos principais a serem considerados: velocidade, frequência e direção. Vitória está sob a influência, principalmente, dos ventos de Nordeste, Norte, Sudoeste, Sul e Leste, sendo os ventos mais frequentes o vento Nordeste e o Sudoeste (Gráfico 3). A cidade tem uma insolação anual que está entre 2.000 a 2.400 horas (RIBEIRO, s.d.; CLIMA-DATA.ORG, s.d.; EMBRAPA, s.d.).

Gráfico 1 – Umidade relativa do ar em Vitória, ES.



FONTE: Software EcoDesigner Star.

Gráfico 2 – Temperatura do ar em Vitória, ES.



FONTE: Software EcoDesigner Star.

Gráfico 3 – Direção e frequência dos ventos em Vitória, ES.



FONTE: Software EcoDesigner Star.

Vitória possui atualmente uma população estimada de cerca de 362 mil habitantes, segundo estimativas para 2019 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), com base no último censo realizado em 2010. No início da década de 1970, quando a cidade possuía ainda cerca de 122 mil habitantes em áreas urbanas e cerca de mil habitantes em área rural (IBGE, 1970), iniciou-se o processo de

densificação urbana e aumento do gabarito das edificações. Segundo Bernabé (2012), o centro da cidade foi o precursor da verticalização, seguido pelo bairro Praia do Canto, onde este processo se torna expressivo, e logo depois, seguido pelos bairros Barro Vermelho, Santa Lúcia e Enseada do Suá, na década de 1980.

A pesquisa se desenvolveu no bairro Enseada do Suá (Figura 20) por ter sido projetado como o novo centro empresarial da cidade. Segundo dados do sítio eletrônico da Prefeitura de Vitória (PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA, 2019a), em sua criação, o bairro foi reservado para o uso institucional e comercial, a fim de receber parte das atividades antes localizadas no bairro Centro.

Figura 20 – Vista do bairro Enseada do Suá.



Fonte: autora.

O bairro Enseada do Suá (Figuras 21 e 22) surgiu a partir de um aterro sanitário realizado pela Companhia de Melhoramentos e Desenvolvimento Urbano (COMDUSA) e o projeto de urbanismo foi concebido de acordo com o Código Municipal de Vitória, vigente em 1954 (Lei nº 351), (ESPÍNDULA e MENDONÇA, 2017). Mesmo antes da finalização dos aterros, percebe-se uma grande pressão do mercado imobiliário a fim de intensificar a ocupação na região, ampliando os espaços destinados a atividades de serviço e reduzindo, conseqüentemente, os espaços residenciais e de lazer. Diversas alterações nos Planos Diretores Urbanos

(PDU) de Vitória de 1994, 1996 e 2006 resultaram na configuração atual da Enseada do Suá, sendo permitidas as construções sem restrições de gabarito ou altura. A Figura 23 indica o Mapa de Zoneamento de Altura do bairro segundo o atual PDU.

Figura 21: Localização do bairro Enseada do Suá em Vitória.



Fonte: Prefeitura de Vitória (2012).

Figura 22: Atual loteamento do bairro Enseada do Suá.



Fonte: autora.

Figura 23: Zoneamento de altura do PDU para a Enseada do Suá.



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA (2018).

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA TIPOLOGIA DE EDIFÍCIO COMERCIAL E SISTEMAS DE FACHADA

O presente estudo analisou os sistemas de fachada de edifícios altos de escritórios. Vale ressaltar que essa tipologia se apresenta como um tipo particular de edificação comercial, caracterizada por múltiplos pavimentos e composta por módulos (unidades comerciais) constituídos, em grande parte, por salas principais, sanitário e copa, normalmente ocupados por profissionais liberais ou empresas e que apresentam uma tipologia bastante recorrente nas diversas regiões do Brasil.

Além da restrição da análise a edifícios de escritórios, compostos por salas comerciais, a pesquisa limitou-se aos edifícios altos, que são considerados os edifícios com dez ou mais pavimentos, por serem os edifícios com maior percentual de fachada em sua tipologia. A Norma Técnica n.º 10 (NT 10/2013 – Parte 1) do Corpo de Bombeiros do Espírito Santo (CBMES, 2013) também define edificações altas como aquelas com altura superior a 30 metros.

Para a definição da tipologia de edifício a ser analisado, fez-se necessária, inicialmente, uma análise das edificações mais recorrentes na região. Devido à falta de limites para o gabarito em diversas quadras do bairro, conforme definido no Plano Diretor Urbano, muitos edifícios comerciais altos foram construídos nas últimas décadas, apresentando características variadas entre si.

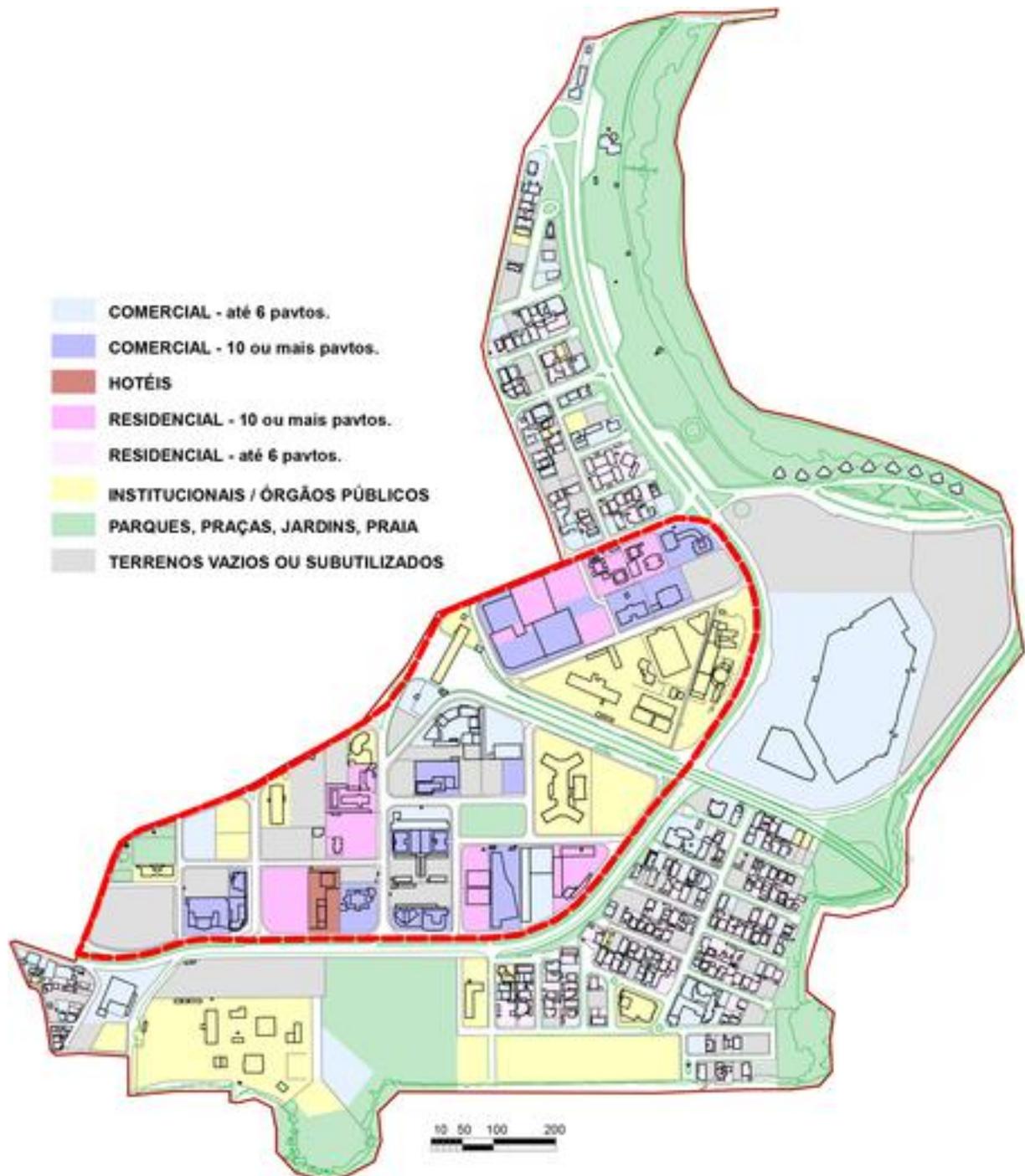
Um levantamento de campo específico foi desenvolvido para a anotação das características dos edifícios altos já existentes no bairro. Para identificar e localizar tais edifícios, inicialmente efetuou-se um mapeamento de todo o bairro, utilizando como guia a Base Cartográfica de 2007, desenvolvida e disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Vitória (PMV, s.d.) em seu sítio eletrônico, em formato .DWG.

Com o mapa somente da Enseada do Suá, foi realizada uma visita a cada rua do bairro, anotando-se as características de cada edificação, seu uso (comercial, residencial ou público) e sua altura. Os terrenos vazios ou utilizados como estacionamento foram marcados no mapa indicando a possibilidade de ocupação futura. Para caracterizar os edifícios presentes no bairro foram utilizadas cores diferenciadas no mapa, após observação efetuada no local, identificando edifícios com mais de 10 pavimentos e com menos de 10 pavimentos, as residências, os edifícios institucionais, os hotéis e as áreas de parques, praças, rochas, areia e canteiro centrais.

Analisando a Figura 22, percebeu-se que a Enseada do Suá é um bairro que apresenta grandes áreas livres, de praças, parques e zonas de preservação ambiental (áreas na cor verde no mapa). Destaca-se também a maciça presença de edifícios destinados a instituições públicas, facilmente visualizados na cor amarela.

Observou-se que, nas regiões onde o gabarito é restrito, existe um equilíbrio entre os usos residencial e comercial, caracterizando essas regiões pelo uso misto. Na região do bairro onde não existe limite de gabarito, demarcada na Figura 24 com a linha vermelha tracejada, existe uma predominância de edifícios altos comerciais e edifícios institucionais.

Figura 24: Mapa com identificação de uso e altura das edificações no bairro Enseada do Suá.

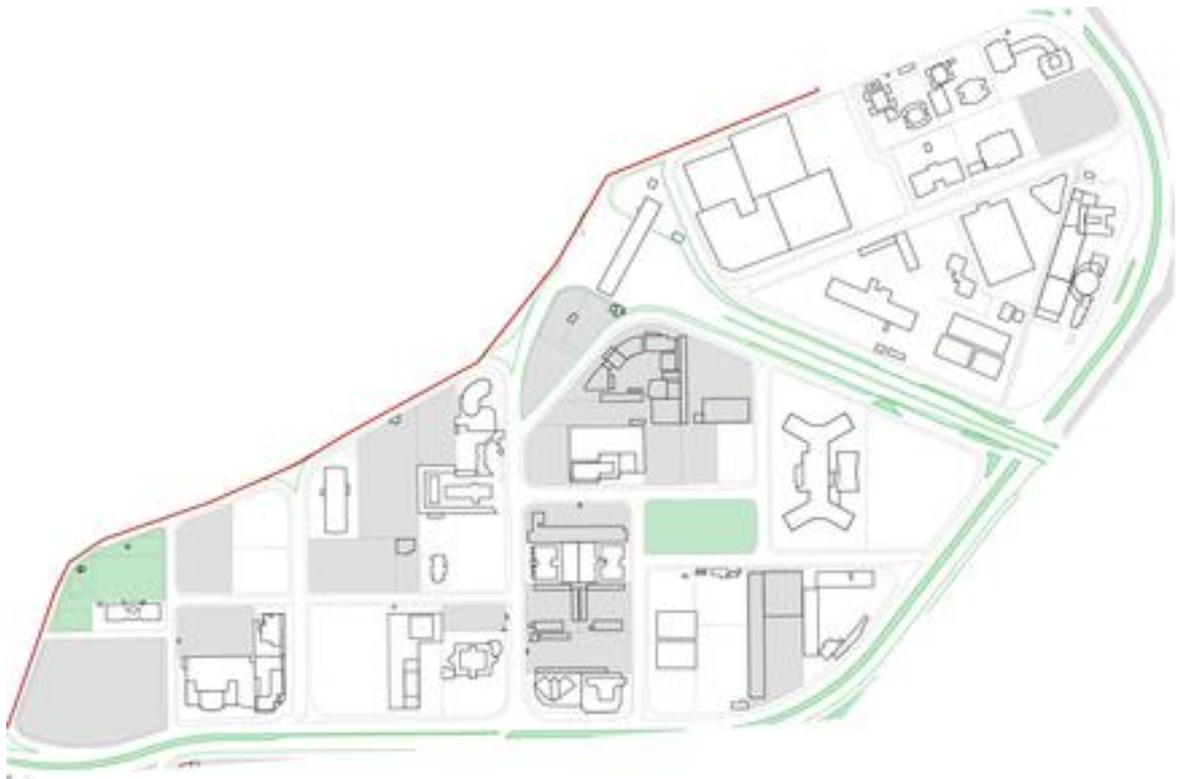


Fonte: Autora.

Percebeu-se que existem diversos lotes vazios ou que são utilizados para a atividade de estacionamento. A Figura 25 mostra somente a área do bairro que não possui limite de gabarito e assinala em cinza os terrenos ainda sem edificações ou

com coeficiente de aproveitamento irrisório (excetuam-se as edificações institucionais). Este dado reflete o potencial de crescimento do bairro com a futura destinação de recursos do setor imobiliário e investimentos em construções.

Figura 25: Representação das áreas livres sem edificações no bairro.



Fonte: Autora.

A Figura 26 identifica os 17 edifícios de escritórios (edifícios comerciais não institucionais) com mais de 10 pavimentos, existentes na região.

Figura 26: Edifícios comerciais com mais de 10 pavimentos na Enseada do Suá.



Fonte: Autora.

Posteriormente, com a identificação e localização dos edifícios com mais de 10 pavimentos, realizou-se outra visita objetivando pontuar as características de suas fachadas e a organização espacial dos pavimentos tipos, além da documentação fotográfica (Apêndice A).

Este levantamento se baseou na observação visual dos edifícios, utilizando-se dos conhecimentos técnicos pré-existentes para verificação dos sistemas estruturais, de vedação da construção, dos tipos de esquadrias e revestimentos utilizados nas fachadas (Quadro 1).

O levantamento evidenciou o caráter contemporâneo das edificações da Enseada do Suá, priorizando as formas livres, o uso de grandes janelas, com grande preocupação com a funcionalidade na planta baixa, na eliminação da visual das áreas técnicas e priorizando o emprego do vidro como material predominante na maioria das fachadas, confirmando a tendência ao estilo internacional da arquitetura.

No Quadro 1 foram demonstradas as características das vedações externas, sistema estrutural, revestimentos e aberturas dos edifícios selecionados.

Quadro 1 – Características dos edifícios altos da Enseada do Suá.

N.º	Edifício	Sistema estrutural	Vedação	Esquadrias	Revestimentos de alvenaria
1	Victoria Office Tower	Convencional em concreto	Alvenaria	Alumínio preto e vidro fumê	Pintura acrílica cor branco e revestimento cerâmico em porcelanato cor marrom
2	London Tower	Convencional em concreto	Alvenaria e pele de vidro no centro da fachada principal com esquadria em alumínio preto aparente	Alumínio preto e vidro fumê – Esquadria incorporada na pele de vidro na fachada principal	Revestimento cerâmico com pastilhas 10x10 cm - cores branca e vermelha
3	Master Tower	Convencional em concreto	Alvenaria. Vão central em pele de vidro com vidro verde.	Janela em fita em alumínio natural e vidro incolor	Revestimento cerâmico com pastilhas 5x10 cm cor branca
4	Work Center	Convencional em concreto	Alvenaria nas fachadas laterais e pele de vidro, sobre peitoril em alvenaria, com sistema <i>Structural glazing</i> com vidro reflexivo na fachada principal	Janela em fita em <i>structural glazing</i> e vidro reflexivo - Esquadria incorporada na pele de vidro na fachada principal	Revestimento cerâmico com pastilhas 5x5 cm nas fachadas laterais na cor branca
5	Affinity Work	Convencional em concreto	Pele de vidro com <i>structural glazing</i> com vidro reflexivo na fachada principal. Alvenaria nas fachadas laterais e de fundos	Janela em fita em <i>structural glazing</i> e vidro reflexivo - Esquadria incorporada na pele de vidro na fachada principal	Pintura acrílica nas cores branco e cinza claro nas fachadas laterais e de fundos
6	Vértice Empresarial	Convencional em concreto	Alvenaria	Esquadrias em <i>structural glazing</i> e vidro reflexivo	Revestimento cerâmico com pastilhas de assentamento transpassado 10x20 cm padrão tijolinho cor marrom
7	Greenwich Tower	Convencional em concreto	Pele de vidro com <i>structural glazing</i> com vidro reflexivo nas três fachadas principais. Alvenaria na fachada de fundos	Esquadrias incorporada na pele de vidro em <i>structural glazing</i> e vidro reflexivo	Revestimento cerâmico com pastilhas 5x5 cm com brilho nas fachadas laterais na cor branca

8	Enseada Trade Center	Convencional em concreto	Pele de vidro com <i>structural glazing</i> com vidro reflexivo azul e alvenaria no bloco central e nas empenas laterais dos três blocos.	Janela em fita em <i>structural glazing</i> - Esquadria incorporada na pele de vidro – vidro azul	Revestimento cerâmico com pastilhas 5x5 cm nas fachadas laterais na cor branca
9	Edifício Árábica	Convencional em concreto	Alvenaria	Janela em fita em alumínio preto e vidro fumê	Revestimento cerâmico com pastilhas 10x20 cm nas cores branco e marrom
10	Edifício Conilon	Convencional em concreto	Alvenaria e pele de vidro com <i>structural glazing</i> com vidro reflexivo no vão central da fachada principal	Janela em fita em alumínio preto e vidro fumê	Alumínio composto na fachada principal e revestimento cerâmico com pastilhas 10x10 cm nas cores branco e cinza nas demais fachadas
11	Global Tower	Convencional em concreto	Alvenaria e pele de vidro com <i>structural glazing</i> com vidro reflexivo	Janela em fita em <i>structural glazing</i> e vidro reflexivo - Esquadria incorporada na pele de vidro	Alumínio composto na cor branca
12	Palácio Enseada	Convencional em concreto	Alvenaria e pele de vidro com <i>structural glazing</i> com vidro reflexivo	Esquadria incorporada na pele de vidro – vidro reflexivo azul – Na fachada de fundos, janela em alumínio preto e vidro fumê	Granito vermelho e revestimento cerâmico com pastilhas 5x5 cm na fachada de fundos nas cores branco e marrom
13	Palácio da Praia	Convencional em concreto	Alvenaria e pele de vidro com <i>structural glazing</i> com vidro azul reflexivo	Esquadria incorporada na pele de vidro – vidro reflexivo azul	Granito cinza e revestimento cerâmico com pastilhas 5x5 cm nas fachadas de fundos e lateral nas cores branco e cinza claro
14	Palácio do Café	Convencional em concreto	Alvenaria	Esquadria incorporada na pele de vidro em alumínio preto e vidro fumê	Pintura acrílica na cor cinza e revestimento cerâmico com pastilhas 10x25 cm nas fachadas laterais na cor bege

15	Centro Empresarial Enseada	Convencional em concreto	Alvenaria e pele de vidro com <i>structural glazing</i> com vidro azul reflexivo	Esquadria incorporada na pele de vidro em <i>structural glazing</i> e vidro fumê	Granito bege e revestimento cerâmico com pastilhas 5x5 cm nas cores branco e azul
16	Centro Empresarial Praia	Convencional em concreto	Alvenaria	Esquadria incorporada na pele de vidro em alumínio preto – esquadrias em alumínio preto na fachada de fundos - vidro fumê	Mármore branco, pintura acrílica na cor cinza e revestimento cerâmico com pastilhas 5x5 cm na cor cinza escuro
17	Petro Tower	Convencional em concreto	Alvenaria e pele de vidro, sobre peitoril em alvenaria, com sistema <i>Structural glazing</i> com vidro reflexivo na fachada principal	Janela em fita em <i>structural glazing</i> - Esquadria incorporada na pele de vidro - vidro reflexivo azul	Revestimento cerâmico com pastilhas 2x2 cm na cor branco

Fonte: produção da autora. Maio de 2019.

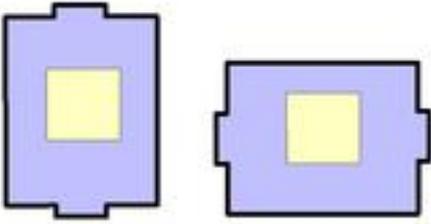
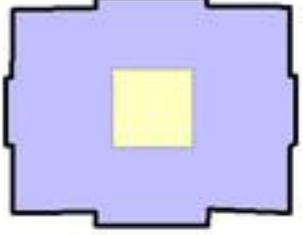
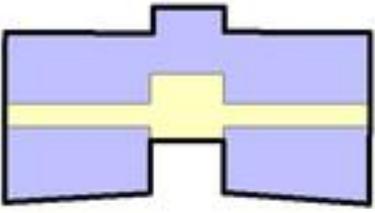
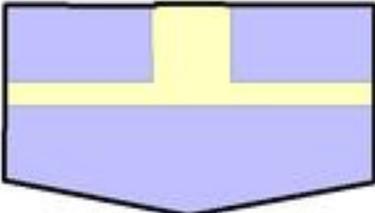
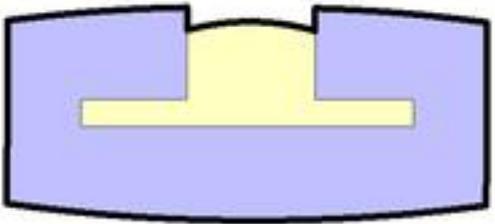
Para a definição da tipologia de planta dos edifícios foram realizadas visitas ao interior de alguns deles e de outros edifícios, a fim de verificar a área utilizada para cada sala comercial e suas dimensões e para entendimento da localização das circulações verticais e horizontais. Foram considerados, também, a Base Cartográfica da Prefeitura de Vitória, de 2007 (PMV, s.d.), que traz, até aquele ano, a área e forma de ocupação da edificação no terreno, e o sítio eletrônico *Google Maps* (GOOGLE, 2019), onde é possível a visualização tridimensional dos edifícios.

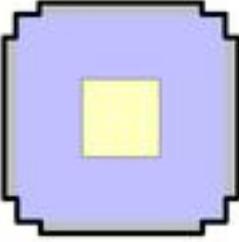
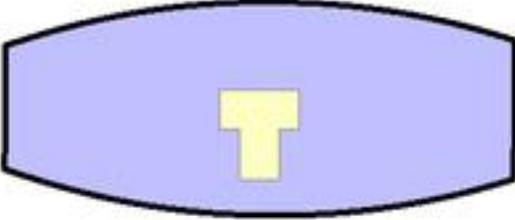
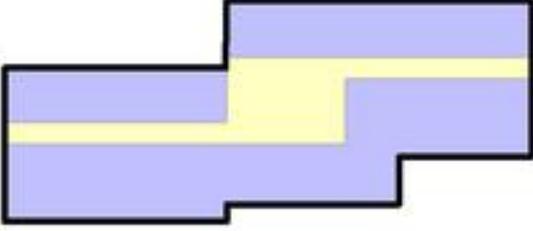
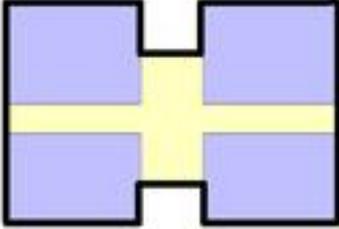
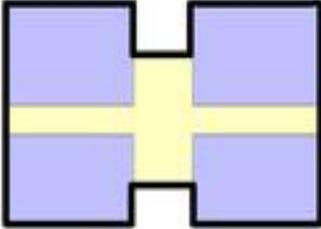
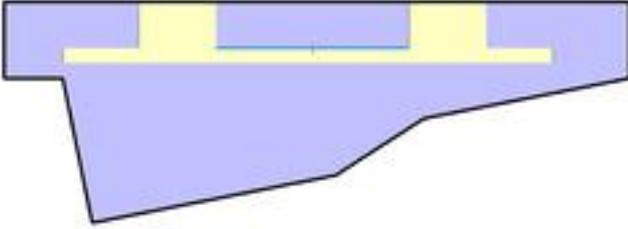
A partir da análise da organização das unidades comerciais individuais dos edifícios, foram verificadas algumas tipologias de planta recorrentes (Quadro 2). Dos esquemas de planta analisados, deduziu-se que existem basicamente três tipologias de salas organizadas nos pavimentos-tipo dos edifícios selecionados:

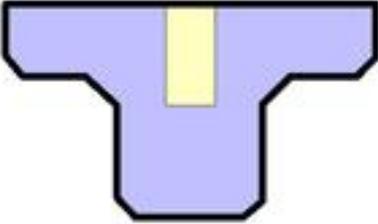
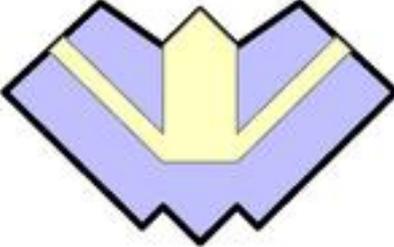
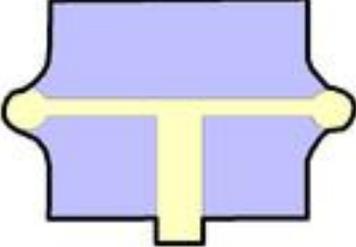
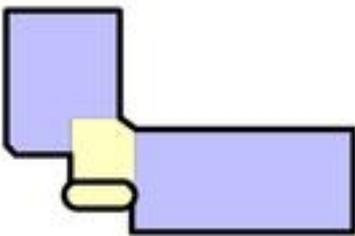
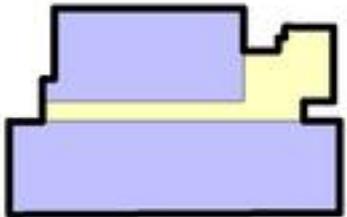
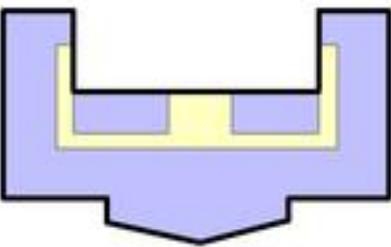
- a) formato quadrado com circulação vertical central (presente nos edifícios 1, 2 e 6);
- b) forma livre, geralmente com pavimento sem divisórias internas pré-estabelecidas entre unidades de salas comerciais, com circulação vertical em posição variável (presente nos edifícios 7, 11, 12, 13, 15, 17); e

- c) forma retangular, com circulação vertical central e uma circulação horizontal (corredores) que dividem as salas comerciais na direção da fachada principal e da fachada de fundos (presente nos edifícios 3, 4, 5, 8, 9 10, 14,16).

Quadro 2 – Tipologias de planta dos edifícios altos na Enseada do Suá.

N.º	Nome do Edifício	Planta Pavimento Tipo (azul: unidades comerciais; amarelo: circulação vertical e horizontal; cinza: áreas técnicas)	N.º Pavimentos de escritórios
1	Victória Office Tower		10
2	London Tower		12
3	Master Tower		15
4	Work Center		17
5	Affinity Work		17

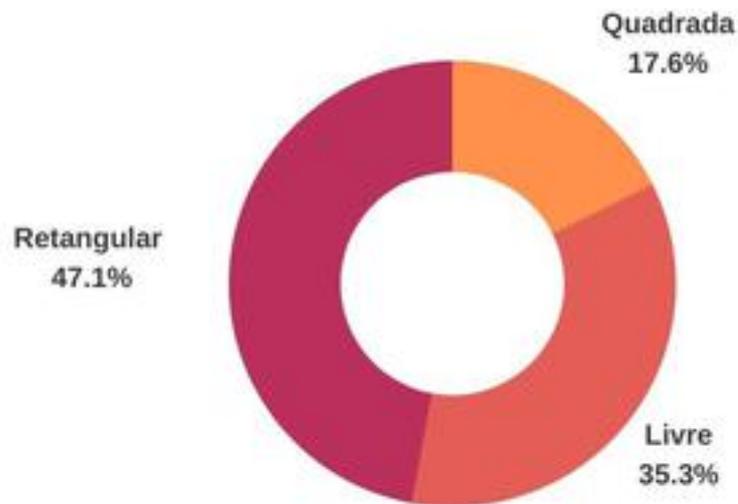
6	Vértice Empresarial		16
7	Greenwich Tower		10
8	Enseada Trade Center		10 / 14 / 16
9	Edificio Arábica		09
10	Edificio Conilon		09
11	Global Tower		15

12	Palácio Enseada		09
13	Palácio da Praia		10
14	Palácio do Café		15
15	Centro Empresarial Enseada		09
16	Centro Empresarial Praia		09
17	Petro Tower		17

Fonte: Autora.

A planta com formato retangular foi predominante nos edifícios selecionados (Gráfico 4). Tal tipologia foi utilizada como edifício modelo. Esta tipologia de organização em planta também aparece em outras pesquisas realizadas anteriormente em Vitória (MAIOLI, 2014; BERNABÉ, 2012; SANTOS, 2012).

Gráfico 4: Percentual da forma de planta baixa nos edifícios observados.



Fonte: Autora.

Para a definição das dimensões das salas comerciais (unidades comerciais autônomas), foram observados alguns edifícios de escritórios em Vitória (Figura 27), que apresentavam planta baixa do pavimento tipo com forma retangular e circulação horizontal com corredor central e utilizou-se como referência o padrão de unidade comercial com cerca de 30 m<sup>2</sup> e dimensões aproximadas de 3,50 m x 8,50 m, internamente.

Figura 27 – Referências de plantas de salas comerciais em Vitória.



Fonte: Autora.

Nas características apresentadas, verificou-se que as edificações do bairro selecionadas utilizam estrutura convencional em concreto. A vedação nas fachadas secundárias é em alvenaria convencional. Nas fachadas principais, há predominantemente uma alternância entre vedação com alvenaria convencional e pele de vidro.

As janelas, em sua grande maioria, são sistemas de abertura incorporadas nas peles de vidro. Em alguns edifícios, como no Master Tower (3), Work Center (4), Affinity (5), Enseada Trade (8), Arábica (9), Conilon (10), Global Tower (11) e Petro

Tower (17), são utilizadas também as janelas em fita, sem que seja perceptível na fachada a divisão das unidades comerciais internamente. Esta disposição das janelas provoca um notório desenho de linhas horizontais nas fachadas desses edifícios, o que se torna um sistema de grande repetição na paisagem urbana do bairro.

Quanto aos materiais de composição das fachadas, somente dois edifícios utilizam o ACM (*aluminium composite material*) como revestimento (12%), quatro edifícios utilizam a pintura com tinta acrílica (24%), quatro edifícios empregam rochas naturais como o granito ou o mármore (24%) e a grande maioria, 15 edifícios (88%), emprega as pastilhas cerâmicas como revestimento das vedações opacas, ou seja, onde não existe nem janela nem pele de vidro. O revestimento cerâmico preferido são as pastilhas cerâmicas em cores claras e com pequenos formatos, utilizando rejunte cimentício ou acrílico em seus interstícios. Além disso, 15 dos 17 edifícios apresentam pele de vidro, correspondendo também a 88%.

Gráfico 5: Percentual de utilização dos materiais de fachada dentre os edifícios observados.



Fonte: Autora.

Quanto à altura, os edifícios comerciais existentes têm de 09 a 17 pavimentos dedicados a escritórios, excetuando-se os pavimentos destinados a lojas, garagem e áreas técnicas. A evolução histórica da construção deste tipo de edificação indica o aumento sequencial do número de pavimentos tipo, devido à falta de limites no gabarito e altura das edificações no PDU.

Sendo assim, adotou-se a situação do edifício mais alto, considerando a tendência de que os edifícios se tornem cada vez mais altos nas próximas décadas, demonstrado por alguns lançamentos imobiliários já publicados nos últimos meses que apontam edificações com mais de 20 pavimentos na região.

Com o levantamento das tipologias de edifícios, bem como a caracterização física dos mesmos, foi possível definir os tipos de fachadas a serem analisadas em relação ao desempenho termo energético. Os sistemas de fachadas definidos foram simulados e comparados, objetivando classificar qual dos sistemas de fachadas determinaria menor consumo de energia.

Além disso, seguindo a tendência da construção à seco que tem se expandido, não somente no Brasil, mas em países mais desenvolvidos, a pesquisa analisou também alguns sistemas de fachada de maior tecnologia agregada e menor impacto durante a obra, que foram identificados pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço (MEDEIROS et al, 2014), como sistemas com maiores possibilidades de viabilidade no cenário nacional, tanto do ponto de vista técnico como econômico.

Foram selecionados, então, 07 sistemas de fachada para edifícios comerciais altos:

1. Alvenaria com reboco e pintura;
2. Revestimento cerâmico sobre alvenaria;
3. Revestimento em placas de rochas sobre alvenaria;
4. Alumínio composto (ACM) sobre alvenaria;
5. *Light Steel Frame* com painéis cimentícios e gesso acartonado;
6. Pele de vidro
7. Fachada ventilada com porcelanato e base em alvenaria

Os sistemas identificados com os números 1, 2, 3, 4 e 6 estão presentes em edifícios comerciais existentes na Enseada do Suá. Já os sistemas de números 5 e

7 são sistemas que ainda não foram empregados na região, mas que possuem grande potencial de utilização em novas edificações pois já se encontram difundidos nacionalmente, segundo Medeiros e outros (MEDEIROS et al., 2014).

De acordo com o referencial teórico, muitos estudos apontam as fachadas ventiladas como os melhores sistemas para o conforto térmico em países de clima tropical. Este sistema, porém, possui diversas possibilidades de materiais a serem utilizados como acabamento final. Nesta pesquisa foi avaliado somente o sistema na versão com painel em cerâmica.

### **3.3 MODELO E CARACTERÍSTICA DO EDIFÍCIO**

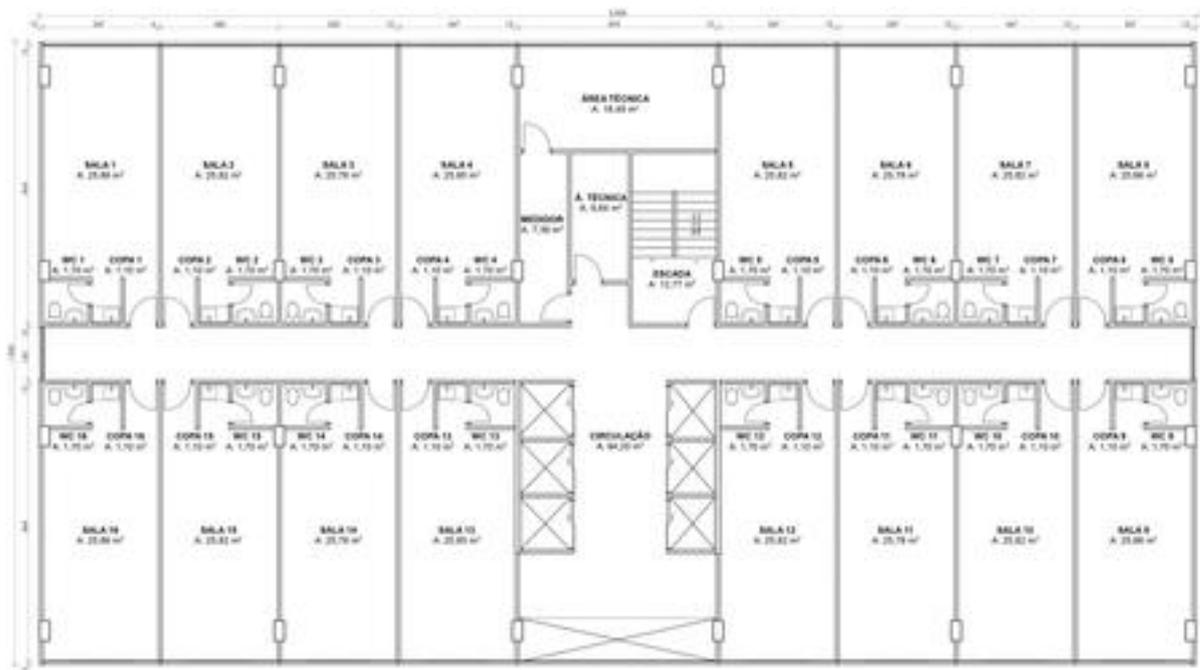
A partir do levantamento de dados realizado em campo dos edifícios altos comerciais existentes no bairro Enseada do Suá e levando em consideração uma pesquisa de modelos de planta baixa de escritórios utilizados na cidade de Vitória, foi definido um modelo base de edifício a ser simulado.

O projeto do edifício comercial a ser analisado não possui qualquer correspondência real a algum edifício construído. O edifício modelo (Figuras 28, 29 e 30) apresentou as seguintes características:

- Térreo: hall de ingresso, salas da administração, lojas e garagem coberta (o Plano Diretor Urbano atual permite a ocupação dos afastamentos laterais e de fundos do terreno com áreas de uso comum nos dois primeiros pavimentos da edificação). Portanto, a maioria dos empreendimentos aproveita estes espaços para a guarda de veículos;
- Pavimento garagem;
- 17 pavimentos-tipo de escritórios;
- Pavimento cobertura com área técnica;
- Comprimento total de 35 metros;
- Profundidade de 19 metros;

- Salas (unidades comerciais) com dimensões de 3,60 x 8,70 metros, dispostas lado a lado nas fachadas de maior extensão e separadas por um corredor central longitudinal;
- A circulação vertical (escadas e elevadores) se posiciona no centro do edifício;
- A fachada principal possui uma pele em vidro central de iluminação do hall de elevadores;
- A fachada de fundos possui uma grande faixa de venezianas que realizam a ventilação das áreas técnicas dos condensadores dos aparelhos de ar condicionado split individuais de cada unidade.

Figura 28 – Planta do Pavimento Tipo do edifício.



Fonte: Autora

Figura 29 – Fachada principal do edifício.



Fonte: Autora

Figura 30 – Fachada de fundos do edifício.



Fonte: Autora

A base estrutural do edifício será caracterizada por pilares e lajes em concreto moldado em loco. O lançamento estrutural é hipotético, não tendo sido realizado um cálculo estrutural específico para o projeto em questão. O dimensionamento é baseado nas experiências da autora e nas indicações de Rebello (2003), (Quadro 3).

Quadro 3 – Composição estrutural do modelo de edifício

Laje protendida em concreto	20 cm de concreto 5 cm de contrapiso 2 cm de reboco na face inferior
Pilares em concreto	Dimensão: 30 x 60 cm Reboco de 2 cm em todas as faces
Vedação: Tijolos cerâmicos	Espessura: 10 cm Argamassa de reboco de 2 cm em ambas as faces
Janelas	Área: 5,40 m <sup>2</sup> por sala Esquadria em alumínio natural Vidro simples 6 mm incolor 4 painéis sendo 2 fixos e 2 móveis (abertura tipo maxim-ar)
Pele de vidro na fachada principal	Sistema Structural Glazing Painéis fixos Esquadria em alumínio natural Vidro simples 6 mm incolor
Cobertura do edifício	Telhas em fibrocimento

Fonte: Autora

A partir da definição do modelo de base do edifício, foram definidos então, 11 modelos de sistemas de fachada a serem simulados a partir de uma base em comum:

M01 - Alvenaria com reboco e pintura;

M02 - Revestimento cerâmico sobre alvenaria;

M03 - Revestimento em placas de rochas sobre alvenaria;

M04 - Alumínio composto (ACM) sobre alvenaria;

M05 - *Light Steel Frame* com painéis cimentícios e gesso acartonado;

M05.2 - *Light Steel Frame* com painéis cimentícios, isolamento em lã de rocha e gesso acartonado;

M06 - Pele de vidro com vidro comum incolor;

M07 - Pele de vidro com vidro comum colorido;

M08 - Pele de vidro com sistema unitizado e vidro duplo incolor;

M09 - Pele de vidro com sistema unitizado e vidro duplo colorido; e

M10 - Fachada ventilada com porcelanato com a base em alvenaria.

### **3.4 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO**

Segundo a NBR 15.575 (ABNT, 2013), a avaliação de desempenho se designa à análise de adequação dos sistemas à sua função na edificação. Esta análise deve ocorrer por meio de métodos consistentes que possibilitem observações objetivas dos resultados obtidos. Como métodos de avaliação, a norma prevê os ensaios laboratoriais, ensaios de tipo, ensaios de campo, inspeções em protótipos ou em campo, simulações e análise de projetos.

Para o desempenho térmico especificamente, esta norma estabelece que as edificações devem atender às exigências de desempenho de acordo com a zona climática, definida pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005), e especifica dois tipos de procedimentos possíveis para a análise do desempenho térmico: o procedimento normativo e a medição. A análise por simulação deverá ser utilizada nos casos em que o modelo normativo não atender aos requisitos mínimos.

A partir da definição dos sistemas de fachada e materiais a serem analisados nos edifícios comerciais altos, na Enseada do Suá, e não sendo possível a realização de ensaios e inspeções de campo e de protótipos, o método proposto para este estudo foi a simulação dinâmica computacional e avaliação do modelo energético virtual.

A diversidade de formas de construção que podem alterar o comportamento térmico das fachadas e o grande número de parâmetros envolvidos leva à necessidade de criação de modelos e simulações. A simulação computacional é uma ferramenta capaz de prever, avaliar e verificar o desempenho do edifício. Segundo Hensen e Lamberts (2011), o desempenho da simulação computacional tem potencial para transmitir, direta ou indiretamente, benefícios às edificações e ao meio ambiente por meio de uma análise aproximada da realidade.

Segundo Cota (2014), entende-se por simulação dinâmica a previsão de consumo de energia correspondente ao funcionamento de um edifício e respectivos sistemas energéticos que leve em consideração todos os parâmetros relevantes, com a

precisão adequada, numa base de tempo pelo menos horária, para diferentes zonas térmicas e condições climáticas de um ano de referência.

A análise energética com base no método de simulação dinâmica deve ser realizada seguindo as diretrizes definidas na NBR 15.575 que, mesmo tratando de desempenho em edificações habitacionais, é utilizada como referência para análise da maior parte dos tipos de edificações (ABNT, 2013). A norma pressupõe a análise com uma ventilação mínima dos ambientes. Esta pesquisa, porém, está focada nos ambientes climatizados artificialmente, portanto, sem a presença de ventilação natural.

As simulações foram realizadas no período de um ano e para duas orientações da fachada principal: a orientação Oeste, sendo a pior insolação conforme determina a NBR 15.575 (ABNT, 2005), e a orientação Norte, por receber a insolação em um maior número de horas no dia.

### **3.4.1 ESCOLHA DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO**

Mesmo com os sistemas computacionais avançados, existe grande dificuldade na utilização de simulação energética dentro do processo convencional de projeto devido aos prazos reduzidos, falta de informação sobre dados de entrada de variáveis e falta de conhecimento aprofundado sobre simulação energética para interpretar os resultados obtidos. O custo e o tempo necessários para a simulação energética tornam difíceis as avaliações sobre alternativas projetuais e o feedback contínuo nas modificações das propostas (EDWARDS et al., 2019 e AHN et al., 2014).

Atualmente, o sistema BIM (*Building Information Modeling*) permite a inserção de uma quarta dimensão aos objetos modelados. Cada objeto inserido no modelo virtual de edifício possui uma identidade já configurada no sistema e recebe uma carga de informações extras, auxiliares à interpretação do conjunto. Sendo assim, o sistema BIM tem recebido, recentemente, muita atenção devido ao seu potencial para a simulação energética e facilidade de inserção e leitura dos dados.

A NBR 15.575 recomenda, para a realização das simulações computacionais o uso do programa *EnergyPlus* ou outros programas de simulação desde que permitam a determinação do comportamento térmico de edificações sob condições dinâmicas de exposição ao clima, sendo capazes de reproduzir os efeitos de inércia térmica e sejam validados pela *ASHRAE Standard 140*.

A partir dos conceitos de introdução do BIM na análise energética dos edifícios, abrindo a possibilidade a escritórios e projetistas ligados ao mercado imobiliário de utilizarem estas ferramentas de forma mais simples e rápida, esta pesquisa utilizou o software *EcoDesigner Star*, que funciona dentro do software *Archicad*, do fabricante *Graphisoft*, como motor de simulação energética.

A análise do *EcoDesigner Star* utiliza o motor de cálculo *VIPcore* da *StruSoft* que está conforme com o Método de Teste da Norma *ANSI/ASHRAE Standard 140-2007* para a Avaliação dos Programas de Computador de Análise Energética de Edifícios. Este método de teste representa a norma da indústria para a garantia de qualidade do rigor da simulação. O software também é referenciado pela grande maioria das regulações de projeto de edifícios sustentáveis em todo o mundo, incluindo *LEED* e *BREEAM*, bem como a maior parte das normas sobre simulação dinâmica, como a *ASHRAE 90.1*.

O software converte todas as informações geradas em BIM para o BEM (*building energy model*), possibilitando que as modificações executadas no modelo 3D e em informações dos padrões construtivos do edifício sejam automaticamente transferidos para o modelo energético, possibilitando uma avaliação energética mais rápida e detalhada do edifício, sem perda de informações ou confiabilidade em relação aos softwares tradicionais.

Segundo Medved e outros (2019), *TRNSYS*, *EnergyPlus* e *EcoDesigner Star* são os softwares mais utilizados na Europa para a simulação da demanda de energia nos edifícios. Já Mahmud e outros (2018) identificam que o software *EcoDesigner Star* está na lista dos softwares possíveis e compatíveis com a modelagem e análise energética de edifícios. E Edwards e outros (2019), declaram que o *EcoDesigner Star* cumpre com a análise proposta pelo *BREEAM* e pelo *LEED*.

Para os cálculos, o programa usa o conceito de zonas térmicas, que não são necessariamente salas ou ambientes, mas são definidas normalmente como uma

região da construção ou conjunto de salas submetidas ao mesmo controle térmico. As zonas podem interagir termicamente umas com as outras por meio das superfícies e misturas de fluxos de ar.

### 3.4.2 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DO EDIFÍCIO

Na construção do modelo tridimensional, os diferentes sistemas de fachada tiveram os parâmetros de composição apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Camadas de composição dos sistemas de fachada avaliados.

Modelo	Tipo	Composição	Espessura
M01	Alvenaria com reboco e pintura	Reboco	2cm
		Tijolo cerâmico	9 cm
		Reboco	2 cm
M02	Revestimento cerâmico sobre alvenaria	Reboco	2cm
		Tijolo cerâmico	9 cm
		Reboco	2 cm
		Argamassa colante	1 cm
		Pastilha cerâmica	1 cm
M03	Revestimento em placas de rochas sobre alvenaria;	Reboco	2cm
		Tijolo cerâmico	9 cm
		Reboco	2 cm
		Espaçadores – Volume de ar	5 cm
		Placas de granito	2 cm
M04	Alumínio composto (ACM) sobre alvenaria	Reboco	2cm
		Tijolo cerâmico	9 cm
		Reboco	2 cm
		Substrutura em alumínio – Volume de ar	5 cm
		Placas de ACM	4 mm
M05 e M05.2	<i>Light Steel Frame</i> com painéis cimentícios e gesso acartonado	Placas em gesso acartonado	12,5 mm
		Light Steel Frame – Volume de ar – com ou sem lâ de rocha	9 cm
		Painéis cimentícios	10 mm
M06 e M07	Pele de vidro comum	Vidro	6 mm
M08 e M09	Pele de vidro duplo	Vidro	6 mm
		Volume de ar	
		Vidro	6 mm
M10	Fachada ventilada	Reboco	2cm
		Tijolo cerâmico	9 cm
		Reboco	2 cm
		Substrutura – Volume de ar	20 cm
		Placas cerâmicas	1 cm

Fonte: Autora

Para os diversos sistemas de fachada analisados, a pesquisa considerou os valores para as propriedades térmicas dos materiais extraídos da NBR 15.220-2 (ABNT, 2005) e apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades térmicas dos materiais dos sistemas de fachada.

Material	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade de massa (kg/m <sup>3</sup> )	Calor Específico (J/kg.K)
Tijolo cerâmico de 6 furos – dimensões 32 x 16 x 10 cm	0,90	1600	920
Argamassa (reboco)	1,15	2000	1000
Concreto	1,75	2400	1000
Vidro simples incolor	1,00	2500	840
Pastilha Cerâmica	1,05	2000	920
Argamassa colante	1	2000	1000
Placas de rochas (granito)	3	2900	840
Volume de ar não ventilado	0,026	1,18	1004
Alumínio	230	2700	880
Polietileno	0,40	900	20
Placas de fibrocimento	0,95	2200	840
Gesso acartonado	0,35	1000	840
Lã de rocha	0,045	20	750

Fonte: NBR 15220-2 (ABNT, 2005)

Para a absorvância dos materiais, foi fixado o valor de 30%, o que corresponde, segundo a NBR 15220-2 (ABNT, 2005), à utilização de cores claras, para todas as superfícies e materiais aplicados. Visto que todos os materiais podem ter acabamentos superficiais e de cor com absorvâncias muito variadas, o que influenciaria muito no desempenho térmico das fachadas, para os fins desta pesquisa e para melhor comparar os sistemas, o valor de absorvância se manteve inalterado para as diversas simulações.

O software *Ecodesigner Star* calcula automaticamente o valor da transmitância térmica (valor U) dos sistemas de fachadas nas suas diversas camadas a partir dos valores de densidade, condutividade térmica e calor específico associados a cada material de construção que compõe o sistema. Para as janelas foram utilizados os valores destacados na Tabela 5.

Tabela 5 – Propriedades térmicas das janelas do modelo.

	<b>Valor U W/m<sup>2</sup>.K</b>	<b>TST (Total Solar Transmission) Emissividade</b>	<b>DST (Direct Solar Transmission)</b>
Vidro simples incolor	5,80	87%	76%
Alumínio natural	3,82		
Vidro simples colorido	5,80	64%	52%
Vidro duplo incolor	2,80	82%	69%
Vidro duplo colorido	2,80	61%	51%

Fonte: Autora a partir de valores configurados automaticamente pelo programa segundo a ASHRAE 140.

### 3.4.3 PERFIL DE OCUPAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

#### ***População do edifício***

Para o cálculo da população de um edifício de escritórios, utilizou-se a mesma metodologia descrita para projetos de combate a incêndio e pânico, segundo a NBR 9.077 – Saídas de emergência em edifícios (ABNT, 2001). Segundo as tabelas da norma, em edifícios de escritórios, contabiliza-se uma pessoa a cada 7 m<sup>2</sup> de área. Sendo assim, cada sala comercial do edifício comportará 4 pessoas.

#### ***Horários de ocupação do edifício***

Na configuração de utilização das salas comerciais dos edifícios, por observação, identificou-se que os escritórios funcionam, em sua maioria, 40 horas por semana, distribuídos em 8 horas diárias. Sendo assim, a ocupação das salas comerciais ficou definido de 9 as 12 horas e de 13 as 18 horas nos dias úteis (segunda a sexta-feira), totalizando 2.088 horas de ocupação dos escritórios por ano, sem o desconto de feriados.

#### ***Calor e umidade do corpo humano***

O rendimento do organismo humano como máquina térmica é muito baixo e a energia não consumida deve ser dissipada em forma de calor. Nos seres humanos, o suor é o fenômeno que permite a perda de calor por evaporação para equilibrar a sua temperatura interna. O calor produzido e dissipado depende da atividade que o

indivíduo desenvolve. Segundo a NBR 16401-2 (ABNT, 2008), para cada ocupante deve ser atribuída uma atividade metabólica (expressa em “met” ou W/m<sup>2</sup>).

Para o ambiente de escritórios, analisado nesta pesquisa, utilizaram-se os valores da Tabela 6.

Tabela 6 – Taxa metabólica das pessoas por atividade.

Atividade	Taxa Metabólica	
	Met	W/m <sup>2</sup>
Digitando	1,1	65

Fonte: NBR 16.401 (ABNT, 2008)

A umidade liberada pelas pessoas está diretamente ligada ao suor liberado pelos corpos no processo de transpiração e que se evapora no ar para a liberação de calor do corpo. Quando a umidade é adicionada ao ambiente, como por exemplo, pelo vapor d'água evaporado do suor, há uma quantidade de energia associada com esta umidade, que precisa ser considerada na avaliação energética.

O software de simulação requer a inserção de um dado relativo à umidade em g/dia por m<sup>2</sup>. Sendo assim, considerou-se uma carga de 600 ml de suor, aproximadamente 600 g por dia por pessoa. Se uma pessoa ocupa 7 m<sup>2</sup>, 600g divididos por 7m<sup>2</sup> resulta em 85g/m<sup>2</sup>.

### ***Carga térmica da iluminação***

O software solicita a inserção da quantidade de watts produzidos pela iluminação por metro quadrado nos escritórios. A NBR ISSO/CIE 8995 (ABNT, 2013) especifica a quantidade de iluminação necessária para ambientes de escritórios. De acordo com as características dos usuários das salas comerciais, a norma estabelece uma média de 500 lux de iluminância necessária no plano de trabalho.

Considerando que as dimensões da sala são 3,47 m x 7,04 m, que resulta em 24,43 m<sup>2</sup> de área, se forem utilizadas 4 luminárias, cada uma deve iluminar 6,10 m<sup>2</sup>. Utilizando-se os métodos de cálculo luminotécnico, resulta uma necessidade de 3.000 lúmens de fluxo luminoso para cada luminária do ambiente.

Atualmente, as luminárias mais utilizadas no mercado para ambientes de trabalho são as luminárias em painel LED com iluminação difusa e temperatura de cor entorno de 6.500 K, ou seja, luz branca. Para este projeto, a título de análise, foram especificadas luminárias da fabricante Brilia, com as características apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 7 – Características de iluminação das salas comerciais.

Ambiente	Luminária	Quant.	Dimensões	Fluxo luminoso	Potência unitária
Sala	Placa LED	4	42 cm	3.200 lm	32 W
Ingresso e copa	Placa LED	2	12 cm		6 W

Fonte: Autora

Para um total de 26,90 m<sup>2</sup> de sala comercial foram utilizados 140W de potência de iluminação, resultando em 5,20 W/m<sup>2</sup>. Para os banheiros, espaços técnicos e de circulação, não climatizados, não serão inseridos dados de ocupação, iluminação e utilização pois não fazem parte da análise proposta nesta pesquisa.

### ***Carga térmica dos equipamentos***

Para a definição da carga térmica advinda de equipamentos, em um escritório padrão, esta pesquisa considerou os equipamentos e cargas indicados na Tabela 8, de acordo com a indicação da NBR 16.401-1 (ABNT, 2008). Alguns equipamentos têm uso contínuo e outros estarão ligados somente durante o período de funcionamento do escritório. A sala comercial com área de 26,90 m<sup>2</sup> teve uma carga de 982W de equipamentos, resultando em 36,50 W/m<sup>2</sup>. No período em que o escritório não estiver funcionando, foram mantidos ligados o modem e o frigobar, totalizando 82 W ou 3,05 W/m<sup>2</sup>. Na configuração do software correspondente à água quente, utilizou-se o valor zero pois não haverá instalação de água quente nos edifícios comerciais.

Tabela 8 – Equipamentos utilizados em salas comerciais e as potências correspondentes.

Equipamento	Quantidade	Uso contínuo (W)
Computador	4	55
Monitor grande (20")	4	80
Impressora laser	1	160
Modem de internet	1	12
TV (42")	1	200
Frigobar	1	70
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>982</b>

Fonte: Autora

### ***Temperaturas de conforto em ambientes internos***

Segundo a norma NBR 16.401 (ABNT, 2017), para ambientes em que os ocupantes tem uma atividade metabólica entre 1,0 e 1,3 met, com isolamento térmico da vestimenta entre 0,5 e 1,0 clo, em espaços com velocidade do ar inferior a 0,20 m/s, como se apresenta a maioria dos casos de escritórios condicionados artificialmente e como é o caso desta pesquisa, deve-se utilizar o método de definição da zona de conforto de acordo com o gráfico apresentado na Figura 31.

Sendo assim, para as características de Vitória, analisando o gráfico e considerando uma umidade variável entre 40 e 60% e isolamento de vestimenta 0,5 clo, pelo gráfico, pode-se considerar a temperatura de conforto nos escritórios entre 24°C e 27°C no verão. No inverno, com isolamento da vestimenta de 1,0 clo, a zona de conforto térmico está entre 20°C e 24°C, no inverno.

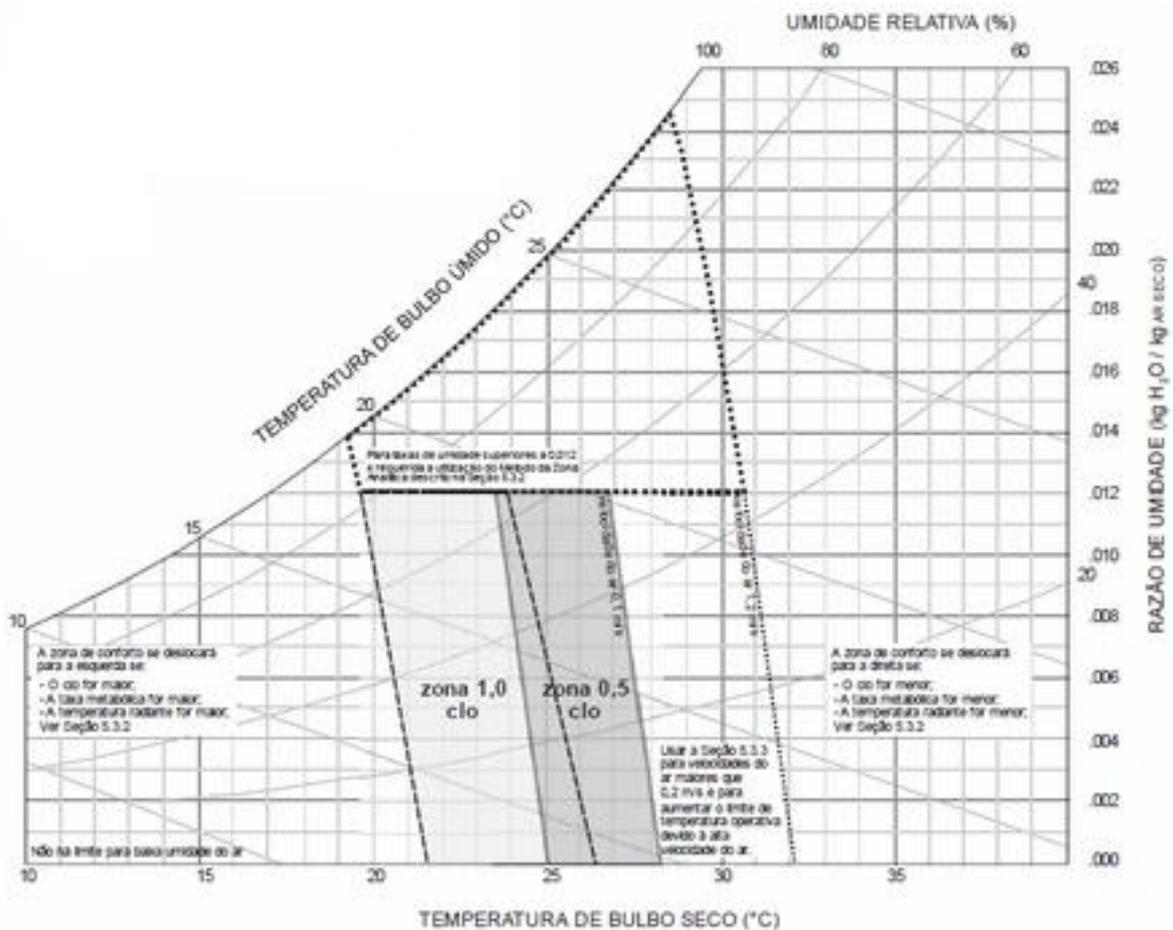
Considerou-se que, em escritórios, a vestimenta típica seja uma calça e uma camisa de manga curta, derivando um valor igual a 0,57 clo, para a designação do fator vestimenta. Para valores intermediários, entre 0,50 e 1,0 de vestimenta, como se apresenta o caso em questão, as zonas de conforto podem ser determinadas aplicando-se a interpolação entre as temperaturas limite encontradas no gráfico da Figura 31. As equações para esta interpolação são:

$$t_{\min, I_{cl}} = [(I_{cl} - 0,5\text{clo}) \times t_{\min, 1,0\text{clo}} + (1,0\text{clo} - I_{cl}) \times t_{\min, 0,5\text{clo}}] / 0,5\text{clo}$$

$$t_{\max, I_{cl}} = [(I_{cl} - 0,5\text{clo}) \times t_{\max, 1,0\text{clo}} + (1,0\text{clo} - I_{cl}) \times t_{\max, 0,5\text{clo}}] / 0,5\text{clo}$$

Sendo assim, com um isolamento de vestimenta de 0,57 clo e utilizando as fórmulas, a zona de conforto encontrada é entre **23,44°C** e **26,5°C**.

Figura 31 – Zona de conforto térmico gráfica com base no método analítico.



Fonte: ABNT, (2017).

### Dados climáticos

Os dados climáticos da cidade de Vitória foram inseridos no software de simulação por meio do arquivo climático ES\_Vitória.epw, baixado do sítio eletrônico “Arquivos climáticos INMET 2012”, revisados em novembro de 2012 (LABEE, s.d.). Este arquivo traz os dados de temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento característicos da cidade de Vitória, ES.

Para a relação do edifício com o entorno, foi configurado que o projeto está assentado sobre terreno com solo do tipo barro, com condutividade térmica igual a 0,5 W/mK, densidade de 1800 Kg/m<sup>3</sup> e capacidade de calor de 1000 J/kgK. O entorno do edifício é de solo pavimentado, com refletância do solo de 30%.

Quanto ao fator “Proteção do vento”, considerando ser o projeto de um edifício com 20 pavimentos e sendo a Enseada um bairro muito próximo da beira mar e com

edifícios espaçados e muitos terrenos ainda desocupados, foi configurada uma situação de desproteção do vento para todas as direções de incidência no edifício.

### ***Climatização - Sistemas de ar condicionado***

Para configurar as condições de funcionamento do sistema de climatização nas salas comerciais, definiu-se a utilização do sistema de ar condicionado do tipo Split.

Para o cálculo da capacidade de climatização de cada aparelho, foi utilizado um sistema de calculadora de Btu de um fornecedor de aparelhos de climatização (disponível em <https://www.frigelar.com.br/calculadora>), considerando-se um escritório com dimensões de 3,47m x 7,04 m, com quatro postos de trabalho, com 1 televisor, 4 computadores e com os outros equipamentos já discriminados anteriormente. Para um escritório com orientação oeste, avaliou-se uma necessidade de 22.000 a 24.000 BTU e, para um escritório com a orientação leste, de 18.000 a 20.000 BTU.

Atribuiu-se, então, a maior capacidade avaliada como necessária, de 24.000 BTU para todas as salas comerciais do edifício, considerando que não necessariamente os aparelhos funcionarão em sua capacidade máxima durante todo o período a ser analisado.

Dentre uma diversificada gama de produtos de refrigeração disponíveis no mercado, de diversas marcas, a título de análise, definiu-se pela especificação do aparelho de ar condicionado Split Inverter Samsung Digital Quente e Frio High Wall com características especificadas na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Especificações técnicas do Ar Condicionado Split Inverter Samsung.

Fabricante	Samsung
Modelo	Inverter Digital Quente Frio High Wall
Capacidade de resfriamento	24.000 BTU
Potência	2.510 W
Fator de Calor (COP)	3,25
Gás refrigerante	R410A
Limite de operação	16°C - 46°C
Fluxo de ar ventilado auxiliar	17,7 m <sup>3</sup> /min = 1,062 m <sup>3</sup> /h

Fonte: Samsung, (2019).

Sendo assim, todos os blocos térmicos identificados para as salas comerciais recebem a correspondência a um sistema de climatização por meio de ar condicionado do tipo *split*. Para os blocos térmicos relacionados às circulações (corredores), aos banheiros e às áreas técnicas, utilizou-se a ventilação natural. Esta definição de sistema de ventilação natural do software pressupõe a aplicação dos valores definidos na norma ASHRAE 90.1. O software também possibilita o cálculo quanto às fontes de energia primárias e emissão de CO<sub>2</sub>. Estes itens, porém, não serão avaliados nesta pesquisa. O arquivo de simulação não recebe, portanto, configurações relativas a estes dados.

### **3.5 ANÁLISE DO CUSTO DE CLIMATIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO**

O software apresenta o painel de configuração do custo de utilização de cada tipo de fonte energética. Nesta pesquisa utilizou-se somente a energia elétrica proveniente da concessionária de energia, com custo verificado no boleto referente ao mês de dezembro de 2019 de R\$ 0,52581 / kWh.

O custo definido, nos boletos, é acrescido de taxa de iluminação pública e de diversos percentuais relativos a impostos incidentes sobre a tarifa de energia. Estes percentuais de impostos e a taxa de iluminação não foram, porém, computados nos valores de custo final das simulações visto a grande variação que provoca no valor final, o que pode afetar a real comparação relacionada unicamente ao consumo com climatização apresentado para cada caso.

Como dado de saída do programa também foi obtido o valor em reais gasto com energia para a climatização total do edifício no período de um ano. Certamente, a exigência de climatização nas 272 unidades individuais (salas comerciais) não é igual, visto as diferentes orientações. Porém, o objetivo da pesquisa se relaciona ao desempenho térmico do edifício como um conjunto único e interrelacionado.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e análises referentes ao desempenho térmico no edifício de uso comercial foram apresentados inicialmente por dados de consumo de energia para climatização considerando a temperatura de referência definida pela NBR 16.401 (ABNT, 2017) para as orientações das fachadas Leste-Oeste e Norte-Sul, no período de um ano, para todas as variações de vedação de fachada classificadas anteriormente.

### 4.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO

O modelo de edifício definido foi simulado com 11 tipos de vedação vertical e acabamentos externos. Os modelos simulados foram:

M01 - Alvenaria com reboco e pintura;

M02 - Revestimento cerâmico sobre alvenaria;

M03 - Revestimento em placas de rochas sobre alvenaria;

M04 - Alumínio composto (ACM) sobre alvenaria;

M05 - *Light Steel Frame* com painéis cimentícios e gesso acartonado;

M05.2 - *Light Steel Frame* com painéis cimentícios, isolamento em lã de rocha e gesso acartonado;

M06 - Pele de vidro com vidro comum incolor;

M07 - Pele de vidro com vidro comum colorido;

M08 - Pele de vidro com sistema unitizado e vidro duplo incolor;

M09 - Pele de vidro com sistema unitizado e vidro duplo colorido; e

M10 - Fachada ventilada com porcelanato com a base em alvenaria.

Em todas as simulações foram considerados o mesmo fator de absorvância dos materiais, bem como o mesmo perfil de ocupação do edifício, quantidade de equipamentos utilizados nos escritórios, carga de iluminação, ganhos térmicos pelas

pessoas e pela umidade do ar, sistema de climatização, período de funcionamento e configuração da temperatura de conforto.

Para os sistemas de fachada com materiais opacos (modelos M01, M02, M03, M04, M05, M05.2, M10), foi utilizado o mesmo percentual de abertura (janelas) para as fachadas. A área envidraçada nos modelos corresponde a 35% das superfícies verticais e 25% da envoltória, ou seja, de todas as superfícies que recobrem o edifício, horizontais e verticais. Para os sistemas de fachada que utilizam pele de vidro (modelos M06, M07, M08, M09), o percentual de superfície envidraçada é de 100% das superfícies verticais e 67% da envoltória.

As simulações foram realizadas com o edifício em duas orientações, Leste-Oeste e Norte-Sul. Os resultados obtidos nos relatórios do software foram resumidos nas tabelas 10 e 11 e os relatórios completos se encontram nos Apêndices B e C.

Observa-se nos resultados que há necessidade de climatização em quase 100% das horas de ocupação dos escritórios. O total de horas de ocupação, na configuração feita nos modelos é de 2088 horas no ano. Todas as simulações, com exceção dos modelos M01 e M02, resultaram na totalidade das 2088 horas como horas de desconforto, indicando que a climatização é necessária, nestes ambientes, por todo o período em que o espaço é ocupado, considerando que a temperatura de conforto interno está entre 23,44°C e 26,5 °C, calculada de acordo com a NBR 16.401 (ABNT, 2017).

Por ser um edifício retangular, a sua orientação influencia nas temperaturas internas e no consumo de energia. Observa-se, porém, que o comportamento térmico dos sistemas, nos casos simulados, não é consideravelmente alterado com a mudança de orientação do edifício. As temperaturas obtidas apresentam-se superiores na orientação Leste-Oeste. As temperaturas mínimas se mantêm praticamente inalteradas, enquanto a temperatura média se eleva em até 1°C e a temperatura máxima, em até 3°C. Os custos de energia com climatização, porém, possuem uma variação irrisória, à exceção do sistema de fachada que utiliza alvenaria convencional e pintura (M01) e o sistema com revestimento cerâmico (M02), que apresentam um acréscimo, na orientação Norte-Sul, de R\$ 1.000,00 e R\$ 589,00 reais ao ano, respectivamente. Esta variação está relacionada ao aumento de horas de desconforto identificadas na orientação Norte-Sul.

Tabela 10 – Resultados das simulações dos modelos com orientação Leste-Oeste.

Modelo	Temp. Mínima (°C)	Temp. Média (°C)	Temp. Máxima (°C)	Horas necessárias de climatização (h)	Gasto Anual com climatização (KWh/ano)	Custo anual com climatização (R\$ /ano)
M01	21,02	31,82	44,20	2073	827.000	434.907
M02	21,20	31,95	44,23	2076	826.000	434.387
M03	23,64	34,23	46,63	2088	817.000	429.933
M04	23,64	34,23	43,34	2088	818.000	430.160
M05	22,53	33,87	47,08	2087	758.000	398.776
M05.2	22,54	33,58	46,48	2087	826.000	434.489
M06	22,05	34,77	49,57	2087	876.000	460.808
M07	21,24	33,02	46,92	2085	880.000	463.011
M08	25,15	39,09	55,50	2088	874.000	459.777
M09	24,06	36,64	51,46	2088	874.000	459.917
M10	23,41	34,27	47,10	2088	751.000	395.335

Fonte: Autora

Tabela 11 – Resultados das simulações dos modelos com orientação Norte-Sul.

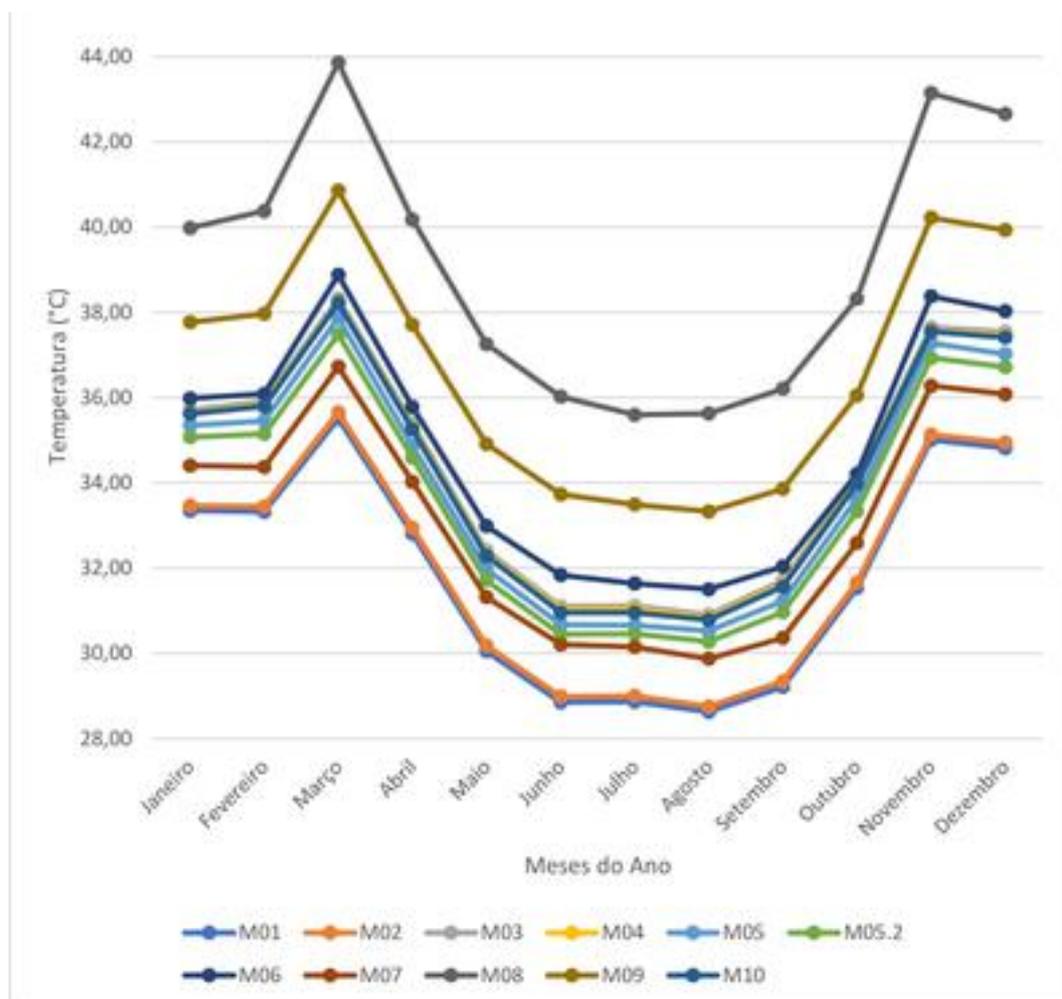
Modelo	Temp. Mínima (°C)	Temp. Média (°C)	Temp. Máxima (°C)	Horas necessárias de climatização (h)	Gasto Anual com climatização (KWh/ano)	Custo anual com climatização (R\$ /ano)
M01	21,14	31,15	42,13	2074	828.000	435.902
M02	21,39	31,39	42,29	2078	827.000	434.867
M03	23,66	33,33	44,08	2088	817.000	430.097
M04	23,66	33,33	44,08	2088	818.000	430.324
M05	22,65	32,97	44,53	2087	758.000	399.067
M05.2	22,61	32,61	43,81	2086	827.000	434.912
M06	22,13	33,95	47,24	2087	876.000	460.931
M07	21,31	32,42	45,19	2085	881.000	463.369
M08	25,27	38,03	52,53	2088	874.000	459.795
M09	24,16	35,89	49,24	2088	874.000	459.948
M10	23,46	33,26	44,38	2088	752.000	395.621

Fonte: Autora

Devido a esta variação irrisória dos resultados nas diferentes orientações, a análise dos dados em gráficos se ateve à orientação Leste-Oeste (Gráfico 6). A grande carga elétrica empregada em equipamentos e iluminação nos interiores dos escritórios e a grande concentração humana faz com que os espaços de escritórios percebam elevada carga de calor interna o que, domando-se à carga térmica do ambiente externo, provoca temperaturas máximas bastante elevadas, principalmente nos meses de verão, de Novembro a Março.

Recorda-se, porém, que esta pesquisa foi realizada considerando-se as salas comerciais fechadas hermeticamente e sem a utilização de ventilação natural, não sendo, portanto, analisada a mitigação do calor interno através da abertura das janelas e ventilação dos espaços.

Gráfico 6 – Temperaturas médias dos modelos simulados na orientação Oeste



Fonte: autora.

Verifica-se que os sistemas de fachada tradicionais em alvenaria convencional com acabamento em pintura (M01) e revestimento cerâmico (M02) são os sistemas que apresentam as menores temperaturas internas, enquanto os sistemas com pele de vidro duplo (M08 e M09) obtêm as maiores temperaturas.

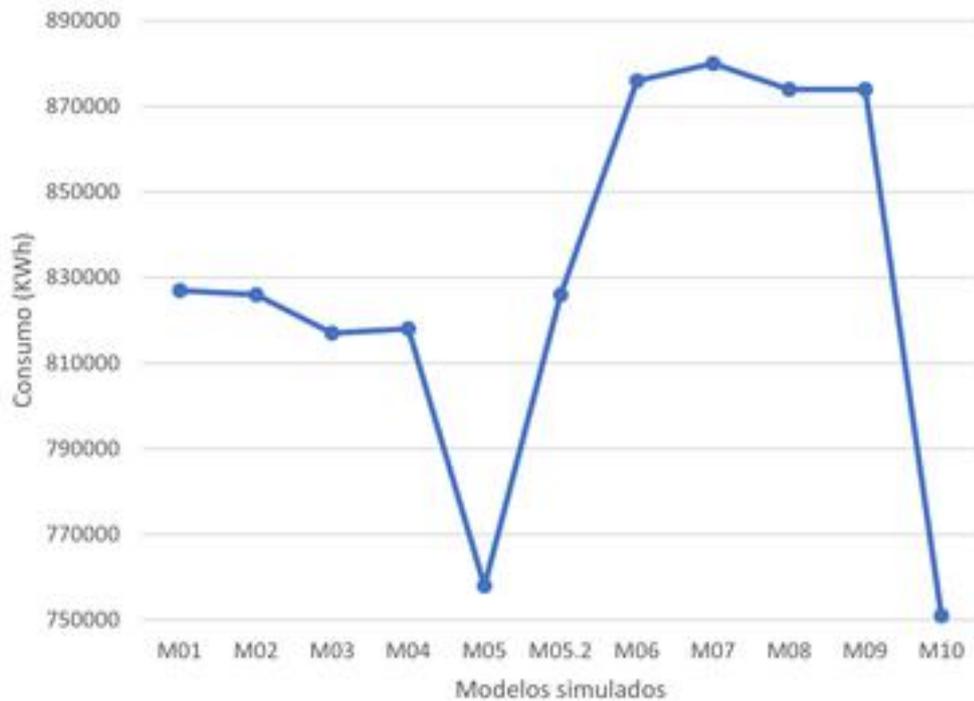
Analisando os dados relativos ao consumo e ao gasto de energia dos modelos simulados, expressos nos Gráficos 7 e 8, os resultados indicam, porém, que os modelos M01 e M02, que apresentaram as menores temperaturas internas, não são os modelos mais eficientes termicamente.

O Gráfico 7 apresenta os dados dos 11 modelos simulados quanto à quantidade de energia necessária para a climatização de todos os escritórios do edifício, nas horas de desconforto apontadas durante o ano, enquanto o Gráfico 8 apresenta os valores monetários gastos para o custeio da energia empregada na climatização durante o mesmo período. Ambos os gráficos possuem características muito similares, como previsto, já que estes valores são diretamente proporcionais.

Verifica-se que os sistemas de fachada tradicionais em alvenaria convencional com acabamento em pintura (M01) e revestimento cerâmico (M02), dentre os sistemas com 25% de abertura de fachada (janelas), foram os menos eficientes, consumindo até R\$ 40.000,00 (quarenta mil reais) ao ano a mais do que o sistema mais eficiente.

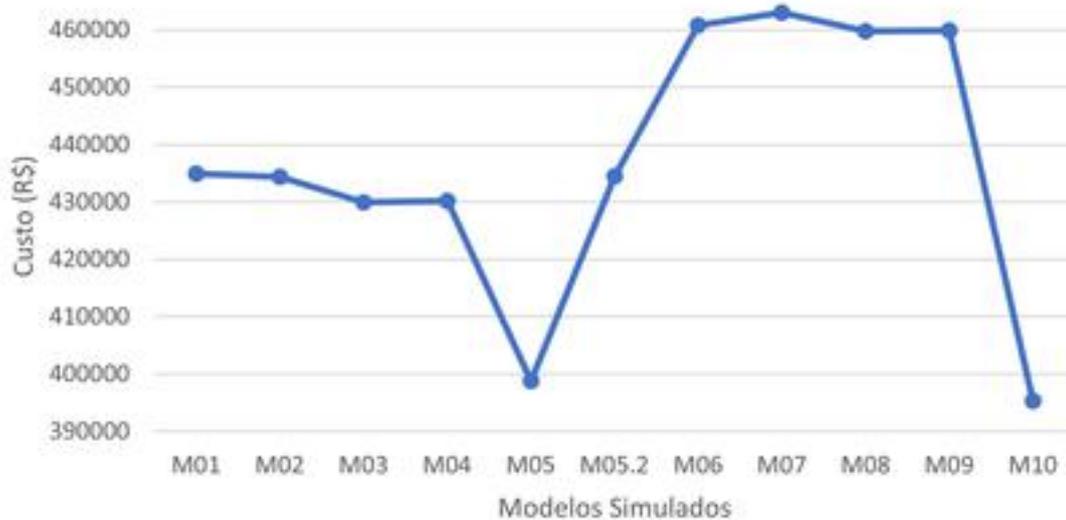
De acordo com o referencial teórico, deduz-se que o elevado valor de transmitância térmica (valor U) dos materiais que compõem estes sistemas de fachada permite grandes trocas de calor entre interior e exterior, possibilitando que o calor produzido internamente, nas salas comerciais, seja dissipado através dos materiais da fachada. A isso se atribui o fato de que somente estes dois modelos apresentaram número de horas de desconforto menores do que a totalidade das horas de ocupação dos espaços, indicando 2073 e 2076 horas de desconforto. Porém, a climatização produzida pelos aparelhos de ar condicionado, demandados nas horas de desconforto e altas temperaturas, também é igualmente dissipada através da mesma fachada, ampliando a necessidade de sua reposição contínua, fazendo com que os equipamentos utilizem maior potência e, conseqüentemente, empreguem mais energia no processo.

Gráfico 7 – Consumos de energia com climatização nos modelos simulados na orientação Oeste



Fonte: autora.

Gráfico 8 – Custo com energia elétrica para climatização nos modelos simulados na orientação Oeste



Fonte: autora.

Outra análise importante é que, nas simulações M03 e M04, independente do material de acabamento externo (placa de rocha ou ACM), quando se utiliza uma separação entre o material de revestimento e a base da fachada (alvenaria) utilizando suportes metálicos com uma camada fina de ar, há uma elevação de cerca de 2°C na temperatura interna. Entretanto, verifica-se uma redução no consumo de energia com climatização em até R\$ 5.800,00 (cinco mil e oitocentos reais) ao ano em relação às simulações M01 e M02.

A fina camada de ar que se localiza entre a vedação interna do edifício, em alvenaria, e a vedação externa, em placa de rocha ou ACM, se caracteriza como uma barreira isolante, visto a alta capacidade do ar em impedir as trocas de calor, fato este evidenciado pelo seu baixo valor de condutividade térmica, indicado na Tabela 4, como apenas 0,026 W/m.K, segundo a NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

Este isolamento impede a entrada de calor por parte da radiação direta do sol e da atmosfera, mas permite o aquecimento interno favorecido pelo elevado número de equipamentos e pessoas presentes nos ambientes. Eliminando então o aumento da carga térmica pelos fatores externos, esta dupla camada de vedação na fachada torna mais eficaz os efeitos da climatização em dirimir a carga térmica interna.

Analisando a simulação do modelo M05, utilizando-se gesso acartonado e placa cimentícia, verifica-se que a retirada da alvenaria e sua substituição por uma camada de ar com estruturas em aço leve (*steel frame*) e pela placa em gesso acartonado, provocou também um aumento em cerca de 2°C em relação à pintura (M01) e ao revestimento cerâmico (M02). Porém, a redução no consumo de energia e no gasto com ar condicionado é significativo, podendo chegar a R\$ 36.000,00 (trinta e seis mil reais) ao ano.

Neste caso, a camada isolante de ar tem sua espessura aumentada, passando de 5 cm para 9 cm. Além disso, a modificação dos materiais que compõem as camadas de vedação da edificação altera significativamente o valor U (transmitância térmica) do sistema de fachada. Com a finalidade de ilustrar esta variação, foram reunidos na tabela 12 os valores U dos sistemas de fachadas com partes opacas (modelos M01, M02, M03, M04, M05, M05.2, M10). Os outros modelos, que utilizam pele de vidro, não foram listados pois a análise térmica desses sistemas de fachada com materiais transparentes necessita da avaliação conjunta do valor U com o fator solar do vidro.

Tabela 12 – Valor U dos sistemas de fachada simulados.

N.º	U Opaco	U Vidro	U externo Média	% Vidro
M01	2,66	5,80	4,43	25
M02	3,29	5,80	4,38	25
M03	0,45	5,80	3,43	25
M04	0,45	5,80	3,43	25
M05	0,27	5,80	3,34	25
M05.2	0,45	5,80	3,39	25
M10	0,13	5,80	3,32	25

Fonte: Autora

De acordo com o referencial teórico, os valores obtidos nas simulações para os gastos com energia elétrica para climatização estão diretamente ligados às propriedades térmicas dos materiais e às características dos sistemas de fachada, utilizando como parâmetro de análise o valor U da composição, que seria a capacidade do material de transmitir o calor externo para o interior.

O valor U médio é o valor obtido pela conjunção do material opaco com a proporção de janela da fachada. Enquanto o modelo M01 apresenta um valor U para o complexo do sistema de fachada de 4,43, o modelo M05 apresenta um valor U de 3,34. Verifica-se então que a pesquisa corresponde aos fatos relacionados no referencial teórico que indica que a eficiência energética de uma fachada de edifícios de escritórios é maior quanto menor for a transmitância térmica do seu sistema.

Vale ressaltar que a absorvância para cada sistema de fachada foi mantida em todas as simulações. Considerou-se uma superfície de cor clara, com absorvância média de 30% da radiação solar para todos os materiais de acabamento superficial, permitindo um comparativo com as mesmas variáveis visto que, como comprovado no referencial teórico, a simples variação de coloração das superfícies, afetaria a eficiência energética do sistema.

A utilização de isolamento térmico com lã de rocha, no interior das paredes de gesso acartonado e placa cimentícia indica pouca modificação nas temperaturas internas e um leve aumento no valor U do sistema. Porém, o consumo de energia se eleva

novamente, retornando a valores similares aos produzidos com as fachadas tradicionais em pintura e cerâmica (M01 e M02). Isso se dá pois o valor da condutividade térmica da lã de rocha é superior ao do volume de ar. De acordo com a Tabela 4 da NBR 15220-2 (ABNT, 2005), o volume de ar possui 0,026 W/mK de condutividade térmica enquanto a lã de rocha possui 0,045 w/mK. Este resultado indica, então, que tal isolamento é desnecessário nos edifícios comerciais e pode, inclusive, reduzir a eficiência energética do edifício.

Os resultados das simulações das fachadas que utilizam pele de vidro (M06, M07, M08 e M09) indicam aumentos consideráveis nas temperaturas internas dos ambientes, relacionadas à maior absorção de energia solar possibilitada pelo maior percentual de abertura da fachada (vidro), que é de 67%. Os valores para os custos com climatização indicam também um acréscimo muito expressivo, podendo chegar a até R\$ 28.000,00 (vinte e oito mil reais) mais caros do que os sistemas tradicionais em pintura e cerâmica. Observa-se também que o vidro duplo apresenta uma leve melhora na eficiência do sistema de climatização em relação ao vidro simples. Tal fato se dá, novamente, pela redução do valor U do sistema de fachada. Esta economia é, porém, irrisória, e não justificaria o custo inicial de implantação de um sistema mais caro e complexo.

A colocação de vidros coloridos, em substituição aos vidros incolores na fachada com pele de vidro simples indica uma leve redução nas temperaturas internas médias, porém, acusa um pequeno aumento no custo de climatização de aproximadamente 2 mil reais ao ano. Essa variação nos valores dos sistemas em pele de vidro deve ser melhor investigada em pesquisas específicas dedicadas aos tipos de vidros e com base em outros aspectos como o fator solar, por exemplo. A inserção de pigmentação no vidro pode caracterizar um aumento da absorvância do material.

Diante do exposto, dentre os sistemas que utilizam pele de vidro (M06, M07, M08 e M09), os vidros incolores foram mais eficientes em relação aos vidros coloridos e os vidros duplos foram mais eficientes em relação ao vidro simples. Em ordem decrescente de eficiência, temos o edifício com pele de vidro duplo incolor, o sistema com vidro duplo colorido, o vidro simples incolor e o vidro simples colorido.

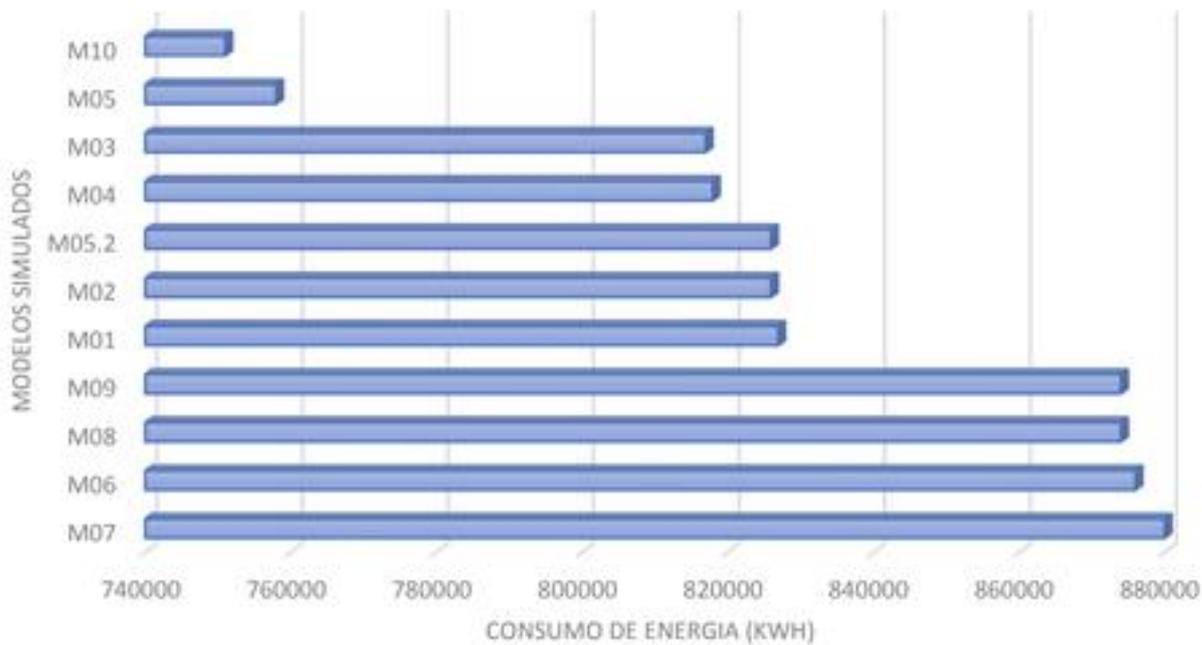
Fica evidente nos resultados que o aumento do percentual de abertura com vidros nas fachadas reduz substancialmente a eficiência energética do edifício. As opções

de sistemas de fachada com 25% de superfície envidraçada foram mais eficientes do que os sistemas com 67%.

Em relação aos sistemas com maior percentual de superfície opaca, o sistema de fachada ventilada foi a solução que mais economizou energia dentre todas as opções de sistemas, confirmando o que já havia sido observado no referencial teórico. A simulação desta opção de sistema de fachada, porém, não ocorreu com a circulação do ar entre a vedação vertical mais interna e a segunda pele, assim sendo, o movimento de circulação do ar não foi considerado. O *EcoDesigner Star* considerou somente uma camada de volume de ar isolante entre a vedação de base do edifício e o revestimento mais externo, ignorando as movimentações desta camada de ar que podem intensificar a eliminação do calor adquirido pelo sistema através da radiação solar direta. A melhoria no conforto térmico indicada na simulação deste tipo de sistema de fachada ocorreu devido ao aumento na espessura da camada de ar isolante, o que amplia a proteção da vedação mais interna.

A partir dos resultados analisados foi efetuada a classificação dos sistemas em relação ao desempenho térmico, destacando-se que esta classificação é específica para a situação simulada, de edifício comercial alto, localizado na Enseada do Suá, em Vitória, com formato retangular e salas comerciais de 30 m<sup>2</sup>, climatizadas artificialmente. A classificação é demonstrada no Gráfico 9, que indica, na parte superior, o modelo que apresenta o menor consumo e, portanto, mais eficiente energeticamente, seguindo em ordem crescente de consumo e decrescente de eficiência, os outros modelos simulados. Essa classificação se mantém em ambas as orientações simuladas: Leste-Oeste e Norte-Sul.

Gráfico 9 – Classificação de eficiência energética dos modelos simulados, do mais eficiente ao menos eficiente.



Fonte: autora.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A definição do melhor sistema de fachada para um edifício depende de inúmeros fatores e a eficiência energética é somente um deles. O projeto de fachada está diretamente ligado às necessidades de vedação, seja pela forma geométrica do edifício seja pela dimensão das esquadrias; depende do desempenho que precisa ser alcançado, da disponibilidade de recurso no local onde a edificação será inserida, da orientação, da ocupação e das diversas variáveis ambientais. A economia de energia relacionada à redução do aquecimento da fachada e dos ambientes interiores é, sem dúvida, um fator de grande importância na sustentabilidade do edifício ao longo do seu ciclo de vida. Os projetos arquitetônicos estão cada vez mais complexos, o que torna necessário o desenvolvimento de soluções específicas e uma análise detalhada do desempenho do edifício.

Esta pesquisa se propôs a analisar e comparar a eficiência energética de diferentes tipos de sistemas de fachada para um edifício comercial de escritórios climatizado artificialmente. Foram realizadas 22 simulações com 11 tipos de fachadas em duas orientações, a partir de um edifício modelo, e os dados resultantes dos relatórios de avaliação energética foram comparados em tabelas e gráficos possibilitando a criação uma classificação dos sistemas, do mais eficiente energeticamente ao menos eficiente.

A pesquisa atinge, então, seu objetivo principal de munir os projetistas de informações a respeito da variável relacionada à eficiência energética dos diversos sistemas de fachada possíveis de serem executados na região proposta, identificando um modelo de edifício e ocupação recorrente, aplicando situações reais de utilização do espaço e simulando as consequências das definições arquitetônicas relacionadas às fachadas.

Foi possível identificar o impacto real e direto das soluções de fachada no custo anual de climatização da edificação, permitindo que o construtor ou o proprietário do edifício possa tomar decisões de aplicação de sistemas e materiais mais adequados às suas necessidades e à melhoria do desempenho do edifício ao longo de sua vida útil.

A utilização de um software de avaliação energética não comum às pesquisas acadêmicas provocou, porém, incerteza em relação à alguns resultados. De acordo com a pesquisa realizada no referencial teórico e de acordo com a análise técnica dos resultados, existem incongruências entre os valores de temperatura e os dados de consumo de energia em algumas variáveis de modelos simulados. Para que tais incertezas sejam dirimidas, se faz necessária a análise dos modelos digitais em outro software ou a verificação de modelos físicos correspondentes em laboratório.

Para pesquisas futuras, será importante continuar a investigação relativa aos novos sistemas de fachadas disponíveis no mercado e sua relação com a eficiência energética do edifício. A grande dificuldade, porém, encontrada durante esta pesquisa, foi de utilizar valores para as características dos materiais que estivessem descritos nas normas relacionadas. Muitos dos novos materiais ainda não estão presentes nas normas, o que requer uma identificação destas características por parte do fornecedor, o que nem sempre é possível ou confiável.

Outra dificuldade da avaliação energética dos edifícios está no manuseio do software e na leitura dos relatórios emitidos, uma vez que somente os manuais entregues pelos desenvolvedores não são suficientes para a compreensão completa dos números expressos nos diversos campos de resultados. Alguns resultados podem não corresponder às expectativas, o que gera dúvidas sobre a existência de alguma inserção de dados feita de maneira errônea ou se o software é realmente capaz de realizar uma verificação confiável. Mesmo utilizando um sistema conhecido, através do recurso BIM, o campo de atuação do software é diferenciado e requer grande experiência do pesquisador.

Por fim, a pesquisa apresentou informações que complementam o grande número de experiências que vêm sendo realizadas no campo da eficiência energética em edifícios, campo este de grande importância para o desenvolvimento futuro das cidades de forma sustentável.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHN K.; KIM Y.; PARK C.; KIM I.; LEE K. **BIM interface for full vs. semi-automated building energy simulation**. Energy and Buildings, vol. 68, pag. 671–678, 2014.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 90**. Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. I-P Edition, 2019.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 55** - Thermal Environmental Conditions for human Occupancy. Atlanta, 2017.

ANDRADE, C. **O escritório no século XXI**. Editora C4. 2013.

ANTOCHEVIZ, F. B.; REIS, A. T. L.; **Edifícios altos**: avaliação de impacto em seus contextos urbanos. Arquisur Revista, Ano 6, N.º 9, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9077** – Saídas de emergência em edifícios. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.220-2**: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12.554** - Tintas para edificações não industriais – Terminologia. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16.401** - Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Revisão. Novembro 2017. Disponível em:  
[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/140624%20REVISA%CC%83O%20ABNT%20NBR%2016401\\_2\\_versao%202017.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/140624%20REVISA%CC%83O%20ABNT%20NBR%2016401_2_versao%202017.pdf). Acesso em: Dezembro 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISSO/CIE 8995**. Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. 2013.

BANO, F.; SEHGAL V. **Finding the gaps and methodology of passive features of building envelope optimization and its requirement for office buildings in India**. Thermal Science and Engineering Progress, volume 9, 2019.

BENDER, L.; FREITAS, J.; KREBS, C.; CUNHA E. G.; SALAMONI, I. **Estudo comparativo de desempenho termoenergético entre fachada solar fotovoltaica**

**e fachada revestida com alumínio composto modificado (ACM).** Balneário Camburiú, 2017.

BERLI, M. E.; BRONDINO A.; DI PAOLO J. **Predicción de la reducción del impacto térmico em um edifício com doble pared.** Ingenius, n.º 20, 2018.

BERNABÉ, A. C. A. **A influência da envoltória no consumo energético em edifícios comerciais artificialmente climatizados na cidade de Vitória-ES.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2012.

BOGO, A. J. **Reflexões críticas quanto às limitações do texto das normas brasileiras de desempenho NBR 15.220-3 e NBR 15.575.** Holos, ano 32, Vol. 7, 2016.

BOGO, A. J.; PICKLER, I. H. **Estratégias arquitetônicas de conforto térmico em projetos de edifícios verticais.** Revista Holos, Ano 32 Vol. 02, 2017.

BONAFÉ, G. **Painéis metálicos são versáteis e funcionais para o fechamento de fachadas.** AECweb, s.d. Disponível em: <[www.aecweb.com.br/revista/materias/paineis-metalicos-sao-versateis-e-funcionais-para-fechamento-de-fachadas/12119](http://www.aecweb.com.br/revista/materias/paineis-metalicos-sao-versateis-e-funcionais-para-fechamento-de-fachadas/12119)>. Acesso em Maio de 2019.

BOYANO, A.; HERNANDEZ P.; WOLF O. **Energy demands and potencial savings in European office buildings: Case studies on EnergyPlus simulations.** Energy and Buildings, vol. 65. 2013.

BRITO, A. C. **Contribuição da inércia térmica na eficiência energética de edifícios de escritórios na cidade de São Paulo.** Tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia. São Paulo, 2015.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, vento e luz: estratégias para o projeto de arquitetura.** Tradução Alexandre Salvaterra. 2ª ed. Bookman: Porto Alegre, 2004.

BRUGNERA, R. R.; MATEUS, R.; ROSSIGNOLO, J. A.; CHVATAL, K. M. S. **Escritórios de planta livre: o impacto de diferentes soluções de fachada na eficiência energética.** Porto Alegre: Ambiente Construído, 2019.

CARVALHO, A.; SABOYA, R. T. **A localização residencial em uma cidade vertical: um estudo sintático em Florianópolis.** Urbe, Revista Brasileira de Gestão Urbana, 2017.

CHIODI FILHO, C. e RODRIGUES, E. P. **Guia de aplicação de rochas em revestimentos.** Projeto Bula. Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, 2009.

CLIMATE-DATA.ORG. Clima Vitória, s.d. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/espírito-santo/vitoria-2181/>>. Acessado em: Junho 2019.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Norma Técnica 10/2013** – Saídas de Emergência. Parte 1: Condições gerais. 2013.

COSTA, R. B. **O Clima de Vitória**. Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Espírito Santo. 1994. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20071002094143/http://www.vitoria.es.gov.br:80/secretarias/cultura/ihges/brunow.htm> Acessado em: Maio de 2019

COTA, S. M. A. **Análise energética de um edifício público**. Dissertação de Mestrado apresentada À Escola Superior de Tecnologia e de Gestão. Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, Portugal, 2014.

DORNELLES, K. A.; CARAM, R. M.; SICHIERI, E. P. **Absortância solar e desempenho térmico de tintas frias para uso no envelope construtivo**. Brasília: Paranoá, nº 12, p. 55-64, 2014.

ECHARRI-IRIBARREN, V.; ECHARRI-IRIBARREN, F.; RIZO-MAESTRA, C. **Ceramic panels versus aluminium in buildings: Energy consumption and environmental impact assessment with a new methodology**. Applied Energy, 2019.

EDWARDS, R. **Sustainability-led design** – Feasibility of incorporating whole-life cycle energy assessment into BIM for refurbishment projects. Journal of Building Engineering, 2019.

EDWARDS, R. E.; LOU E.; BATAW A.; KAMARUZZAMAN s. n.; JOHNSON C. **Sustainability-led design: Feasibility of incorporating whole-life cycle energy assessment into BIM for refurbishment projects**. Journal of Building Engineering, vol. 24, 2019.

ELETROBRAS/PROCEL; INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial; CB3E - Centro Brasileiro de eficiência energética em edificações. **Manual para etiquetagem de edificações públicas: gestor público**. Florianópolis, 2014

EMPBRAPA. **Clima**, s.d. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acessado em: Junho 2019.

ESPINDULA, L.; MENDONÇA, E. M. S. **A paisagem e o Plano de Urbanização da Praia do Suá, Vitória – ES**. Dossiê Brasil-África do Sul| Paranoá n. 18. Set 2017.

FRANCO, J. T. **Fachadas de fibrocimento: 9 bons exemplos**. Tradução de Eduardo Souza. Archdaily, 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/904662/fachadas-de-fibrocimento-9-bons-0,exemplos>. Acessado em: Junho 2019.

GELINSKI, G. **Fachadas ventiladas no mercado brasileiro**. Revista Finestra, Edição 77, 2012. Disponível em:

<https://www.arcoweb.com.br/finestra/tecnologia/tecnologia---especial-fachadas-fachadas-ventiladas>. Acesso em: Junho 2019.

GIVONI, B. **Comfort, climate analysis and building design guidelines**. In: Energy and building. Vol 18, p 11-23, 1992.

GOOGLE, 2019. **Google Maps**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>> Acesso em: Abril de 2019.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. **Arquitetura sustentável**: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. Porto Alegre: Ambiente Construído, v. 6, n. 4, p. 51-81, 2006.

HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R. **Introduction to Building Performance Simulation**. In: HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R (Orgs.). Building Performance Simulation For Design and Operation. New York: Spon Press, cap.1, p. 1-14, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. IBGE Cidades. **Panorama**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/vitoria/panorama>>. Acesso em: Maio de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Fundação IBGE. Departamento de Censos. **Censo Demográfico Espírito Santo**. VIII Recenseamento Geral – Série Regional, Volume I – Tomo XV, 1970.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas**. Rio de Janeiro, 2013.

IJSN – INSTITUTO JONES SANTOS NEVES. **Posição Geográfica, dimensões e limites do ES**. S.d. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>>. Acesso em: Abril de 2019.

IVANÓSKI, C. G. **Um modelo de processo de projeto e produção de edifícios verticais, com uma visão “pavimentar” e de “Interface horizontal”, visando integração entre layout de fachada e conforto**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LABEE. **Arquivos climáticos**. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>>. Acesso em: Dezembro de 2019.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª Edição. Eletrobras, Procel, Ministério de Minas e Energia. 2014.

LEITE, E. F. W.; HACKENBERG, A. M. **Eficiência Energética de envoltória**: comparação dos métodos de avaliação RTQ-C e INI-C através de estudo de caso. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, v. 9, Florianópolis, 2020.

MACIEL, A. C. F.; CARVALHO M. T. **Operational energy of opaque ventilated façades in Brazil**. Journal of Building Engineering, Vol. 25, 2019.

MAIOLI, R. N. **Avaliação da Influência do dispositivo prateleira de luz no conforto visual em edificação comercial com entorno obstruído**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2014.

MEDEIROS, J. S.; MELLO, M. B.; ROGGERO, M. V. V.; SEGUNDO, M. J. P.; PIETRANTONIO, V. B. **Tecnologias de vedação e revestimentos para fachadas**. Manual de Construção em Aço. Instituto Aço Brasil. Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBA). Rio de Janeiro, 2014.

MEDEIROS, J. S. **Materiais para revestimentos de fachadas: uma escolha criteriosa**. AECweb, s.d. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/materiais-para-revestimentos-de-fachadas-uma-escolha-criteriosa/1132>. Acesso em: dezembro de 2019.

MEDVED S.; ŽIGA B.; DOMIAN S.; ŠUKLJE T.; CERNE B., ARKAR C. **The dynamic thermal response model and energy performance of multi-layer glass and BIPV facade structures**. Energy & Buildings, vol. 188–189, pag. 239–251, 2019.

MELO, A. P. **Análise da influência da transmitância térmica no consumo de energia de edificações comerciais**. Dissertação de mestrado - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2007.

MELO, A. P.; LAMBERTS, R. **Análise da Influência do Desempenho Térmico dos Fechamentos Opacos Através do Balanço Térmico**. In: XII Encontro Nacional De Tecnologia do Ambiente Construído, 2008, Fortaleza, 2008.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 17 – Ergonomia**. Portaria MTPS n.º 3.751, de 23 de novembro de 1990.

MIZGIER, M. O.; PENSO, E. A. **Desempenho térmico de fachadas ventiladas como proposta de retrofit em edifícios comerciais na cidade de São Paulo**. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2016.

MORAIS, P. **Modernização urbana entre técnicas e teorias**. Brasília: Revista Paranoá, nº 13, 2014.

NADOUSHANI, Z. S. M.; AKBARNEZHAD A.; JORNET J. F.; XIAO J. **Multi-criteria selection of façade systems based on sustainability criteria**. Building and Environment. 121. 2017.

NAJI, S.; SHAMSHIRBAND S.; BASSER, H.; KEIVANI, A.; ALENGARAM, U. J.; JUMAAT M. Z.; PETKOVIC D. **Application of adaptive neuro-fuzzy methodology for estimating building energy consumption**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 53, 2016.

NICO-RODRIGUES, E. A. **Influência da janela no desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente**. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo – Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, da Universidad del Bio-Bio. Concepción, Chile, 2015.

NUNES, G. **Revestimentos para a fachada eficiente**. Revista Projeto Design, n.º 415. Disponível em:  
<https://www.arcoweb.com.br/projetodesign/tecnologia/tecnologia-revestimentos-fachada-eficiente>. 2014.

OLIVEIRA, L. K.S.; RÊGO, R. M.; FRUTUOSO M. N. M. A.; RODRIGUES S. S.F.B. **Simulação computacional da eficiência energética para uma arquitetura sustentável**. Revista Holos, Ano 32, Vol. 4. 2016.

PAIVA, C. **Pedras no revestimento de fachadas**. Revista Finestra, Edição 33, 2003. Disponível em:  
<<https://www.arcoweb.com.br/finestra/tecnologia/revestimentos-01-05-2003>>. Acesso em novembro de 2019.

PEREIRA, M. **A versatilidade do revestimento cerâmico em 6 projetos contemporâneos**. Archdaily, 2018. Disponível em:  
<<https://www.archdaily.com.br/br/908051/a-versatilidade-do-revestimento-ceramico-em-6-fachadas-contemporaneas>>. Acessado em Maio 2019.

PINTO, M. M.; SIMON F. **Viabilidade do uso de vidros insulados para o clima brasileiro**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do ambiente construído, São Paulo, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA - PMV. **Plano Diretor Urbano – PDU – Lei Municipal 9.271**. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. **Vitória em dados**. S.d. Disponível em:  
<<http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/bairros/regiao5/enseadadosua.asp>>. Acessado em: Maio 2019a.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. **Limite bairros**. S.d. Disponível em:  
[http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/bairros/Mapa\\_bairros/LIMITE\\_BAIRROS.pdf](http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/bairros/Mapa_bairros/LIMITE_BAIRROS.pdf). Acessado em: Maio 2019b.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. **Geo Web**. Disponível em:  
<<http://geoweb.vitoria.es.gov.br/#/dwg>>. Acesso em Abril 2019c.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. **Bairro Enseada do Suá**. Secretaria de Gestão Estratégica, Gerência de Informações Municipais, 2012. Disponível em:  
<[http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/dados/Bairros\\_2012/enseada\\_sua.pdf](http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/dados/Bairros_2012/enseada_sua.pdf)>. Acesso em: Maio de 2019

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. **Localização do município de Vitória na Região Metropolitana da Grande Vitória**, 2011. Disponível em:

<[http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/Dados/localizacao\\_vitoria\\_RMGV.pdf](http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/Dados/localizacao_vitoria_RMGV.pdf)>  
. Acesso em Abril de 2019.

POIRAZIS, H.; BLOMSTERBERG A.; WALL M. **Energy simulations for glazed office buildings in Sweden**. Energy Buildings, 2008.

REBELLO, Y. C. P. **A Concepção Estrutural e a Arquitetura**. São Paulo, 2003.

RESENDE, M. D. O. **Propostas de sistemas construtivos para fachada baseadas em características, propriedades, custo e benefício dos materiais**. Centro Universitário de Brasília. 2017.

RIBEIRO, L. N. **Clima do Espírito Santo**. InfoEscola, s.d. Disponível em:  
<<https://www.infoescola.com/geografia/clima-do-espírito-santo/>>. Acessado em: Junho 2019.

SAMSUNG. **Ar Condicionado Split Samsung Digital Inverter 24.000 BTU/h Quente Frio (2017)**. S.D. Disponível em: <https://www.samsung.com/br/air-conditioners/ar-condicionado-split-digital-inverter-quente-e-frio-2017/AR24KSSPASNNAZ/> Acesso em: Dezembro 2019

SANTOS, L. S. **Requisitos de iluminação natural nos sistemas de avaliação de edifícios e impactos energéticos em edificações comerciais no Brasil**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2012.

SANTOS, J. C. P.; KOTHE, K. K.; MOHAMAD, G.; VAGHETTI, M. A. O.; RIZZATTI, E. **Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira**. Revista Matéria, 2015.

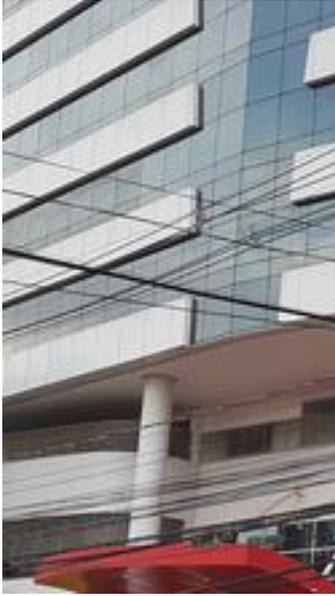
SOMEKH, N. **A Cidade Vertical e o Urbanismo Modernizador**. São Paulo: Editoria SP, 1997.

WIKIPEDIA. **Vitória (Espírito Santo)**. S.d. Disponível em:  
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Vit%C3%B3ria\\_\(Esp%C3%ADrito\\_Santo\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Vit%C3%B3ria_(Esp%C3%ADrito_Santo)). Acessado em: Maio 2019.

## APÊNDICE A

Quadro 1 – Caracterização visual dos 17 edifícios comerciais na Enseada do Suá

N.º	Edifício	Levantamento fotográfico
1	Victória Office Tower Ano: anterior a 2000	
2	London Tower Ano: anterior a 2000	
3	Master Tower Construtora: Lorenge Ano: 2001	

4	Work Center Construtora: Loreng		
5	Affinity Work Construtora: Loreng		
6	Vértice Empresarial Construtora: Morar Ano: 2016		

7	<p>Greenwich Tower Construtora: Galwan</p>		
8	<p>Enseada Trade Center Construtora: Lorenge</p>		
9	<p>Edifício Árábica Ano: anterior a 2000</p>		

10	Edifício Conilon Ano: anterior a 2000		
11	Global Tower Construtora: Galwan		
12	Palácio Enseada		

13	Palácio da Praia		
14	Palácio do Café Ano: 1987		
15	Centro Empresarial Enseada		

16	Centro Empresarial Praia		
17	Petro Tower Ano: 2012		

Fonte: Autora.

## **APÊNDICE B**

Relatórios das simulações dos 11 modelos da pesquisa emitidos pelo software EcoDesigner Star na orientação Leste-Oeste.

# Avaliação de Desempenho Energético

M01 Edifício comercial - Alvenaria + Pintura

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício comerc...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 19' 0" S
Longitude:	40° 20' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	08/05/2020 14:48

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10552,28	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9793,49	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7224,47	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25756,8661	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	22	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,88	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Média do invólucro do edifício:	4,43
Pavimentos:	--
Externo:	2,41 - 6,86
Subterrâneo:	--
Aberturas:	2,11 - 6,68

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	6,84	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	6,84	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	88,17	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	84,46	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	263,33	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	44,41	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	7840,76	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7313,88	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5063,90	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19235,5017	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	25	%

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Jul 30):	21,02	°C
Média Anual:	31,82	°C
Máx. (16:00 Dez 13):	44,20	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2073	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	-
Externo:	2,41 - 6,86
Subterrâneo:	-
Aberturas:	6,67 - 6,68

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	66961,46	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

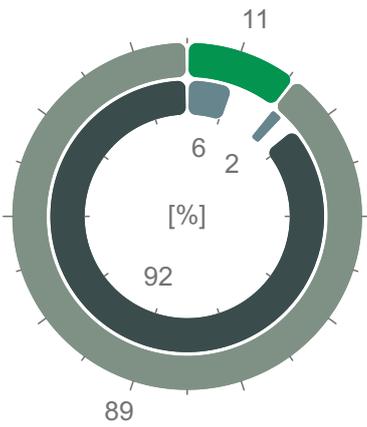
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	97	97	ND	0
Secundário	Eletricidade	827	2481	434907	0
Total:		924	2578	434907	0

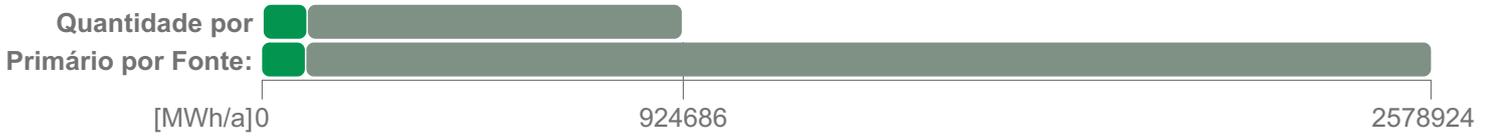
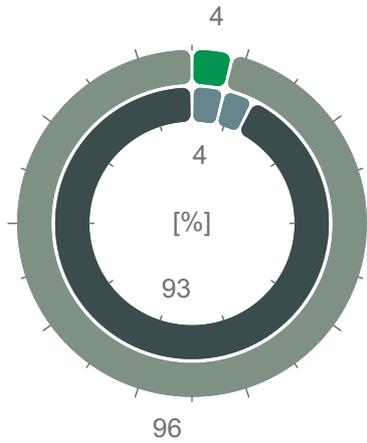
# Avaliação de Desempenho Energético

M01 Edifício comercial - Alvenaria + Pintura

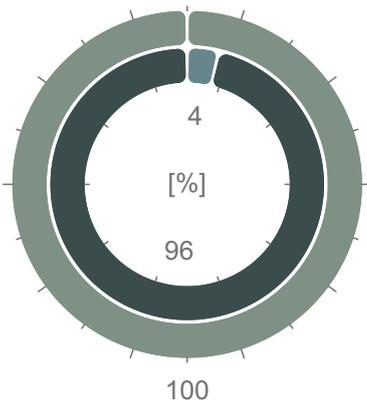
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



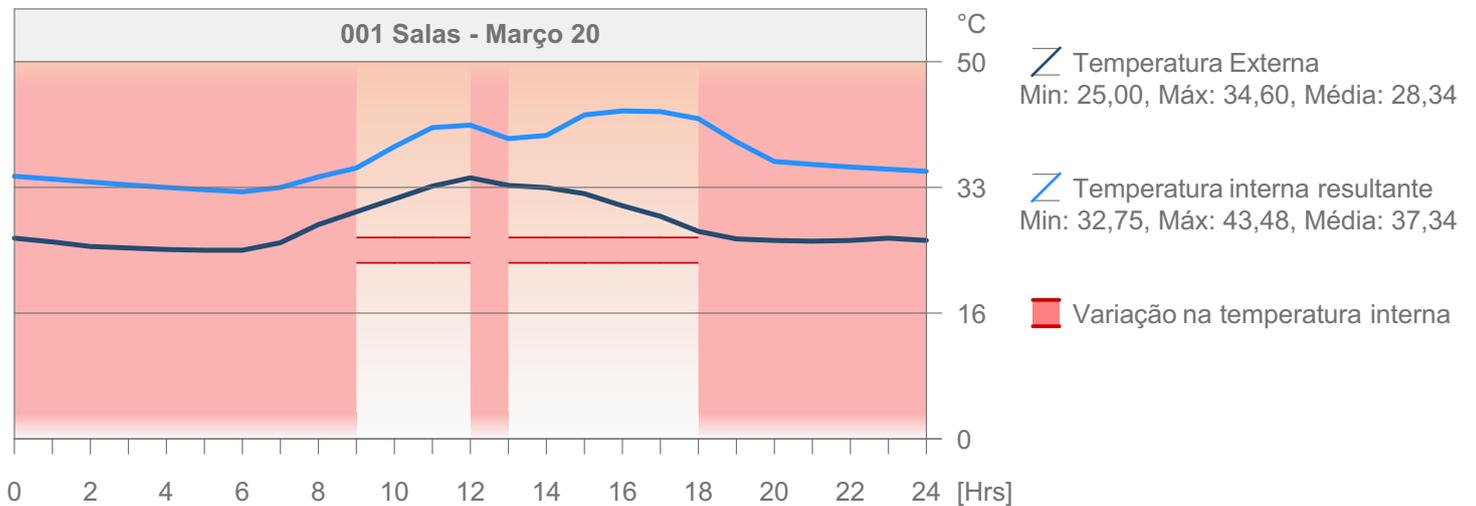
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

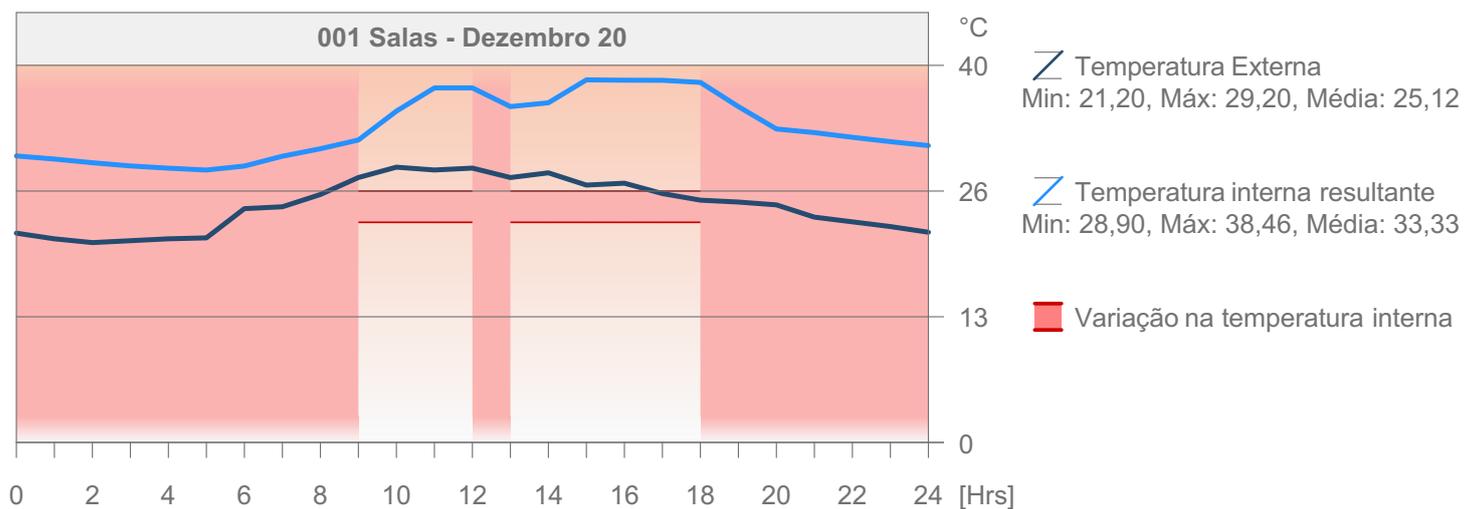
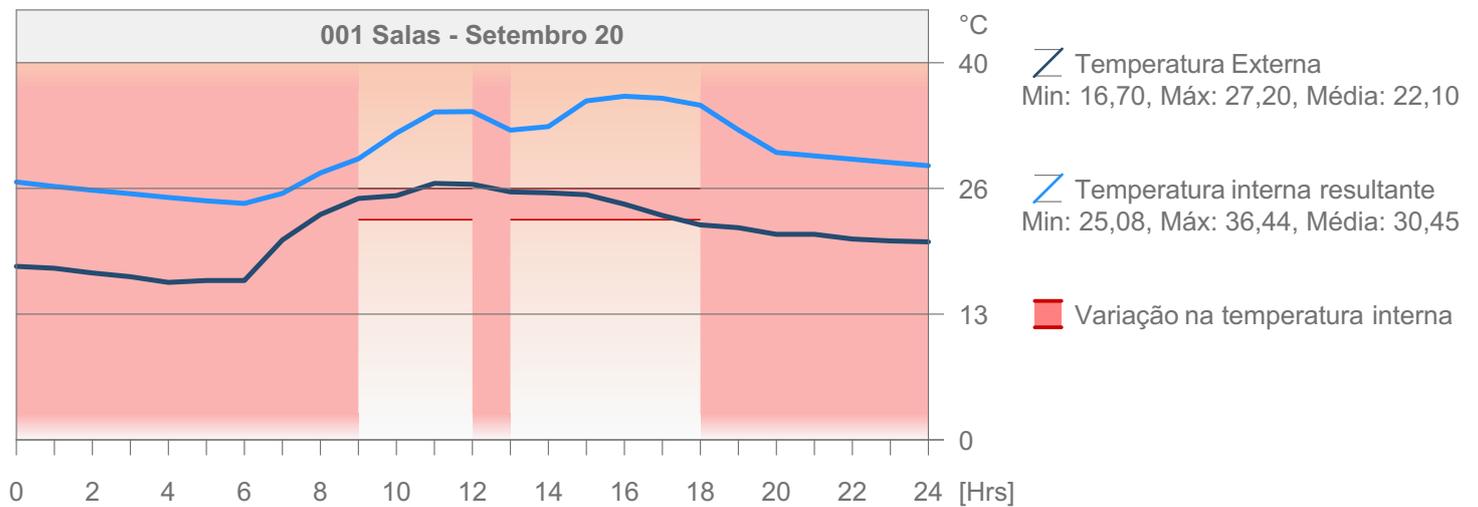
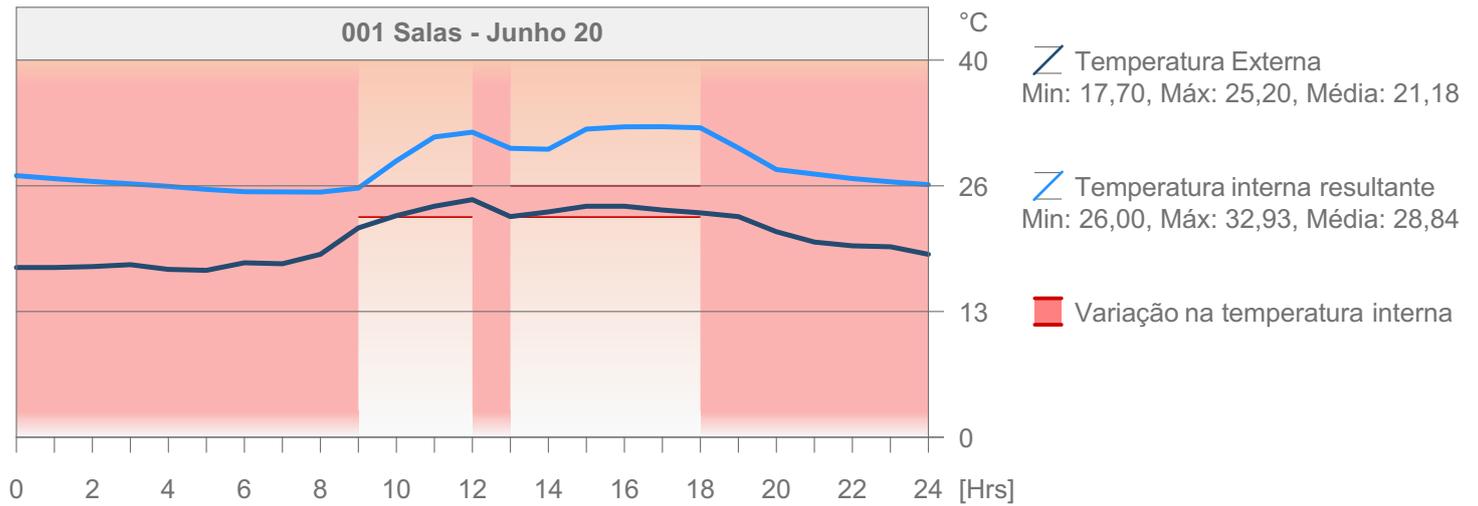
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M01 Edifício comercial - Alvenaria + Pintura



# Avaliação de Desempenho Energético

M02 Edifício Comercial - Alvenaria + Cerâmica

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	08/05/2020 16:34

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10574,74	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9791,66	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7223,92	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25752,0642	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	22	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,88	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	4,38	
Externo:	--	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	--	
	2,11 - 6,68	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	6,64	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	6,64	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	87,97	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	84,37	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	262,80	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	44,36	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	7859,89	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7312,38	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5063,44	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19231,5515	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	25	%

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Jul 30):	21,20	°C
Média Anual:	31,95	°C
Máx. (16:00 Dez 13):	44,23	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2076	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	-	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	-	
	6,67 - 6,68	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	65039,54	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

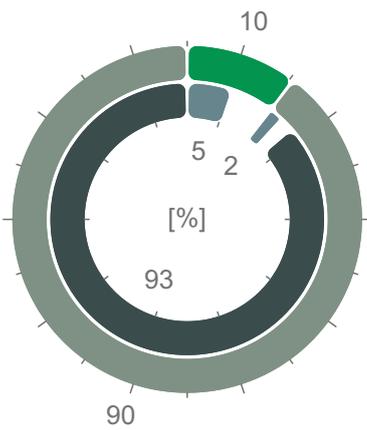
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	94	94	ND	0
Secundário	Eletricidade	826	2478	434387	0
Total:		920	2573	434387	0

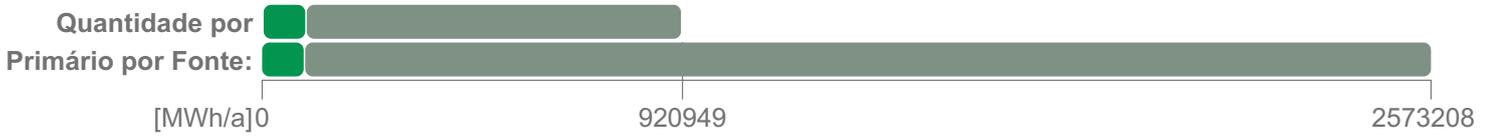
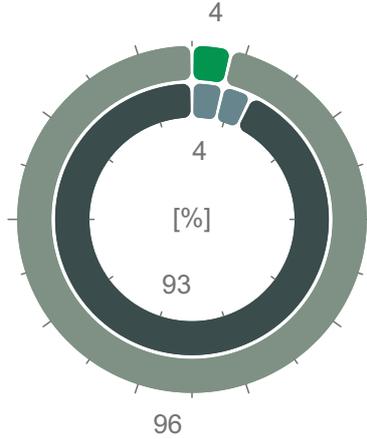
# Avaliação de Desempenho Energético

M02 Edifício Comercial - Alvenaria + Cerâmica

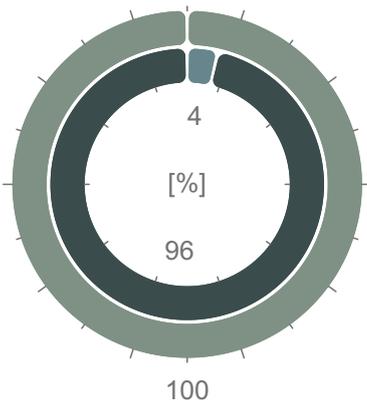
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



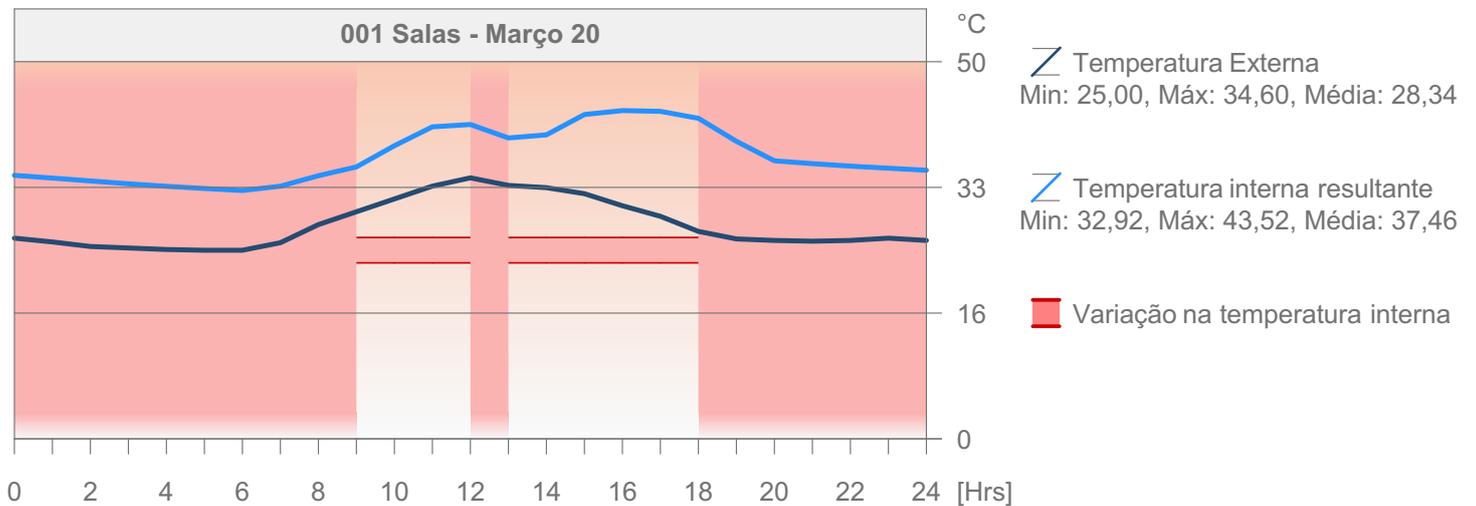
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

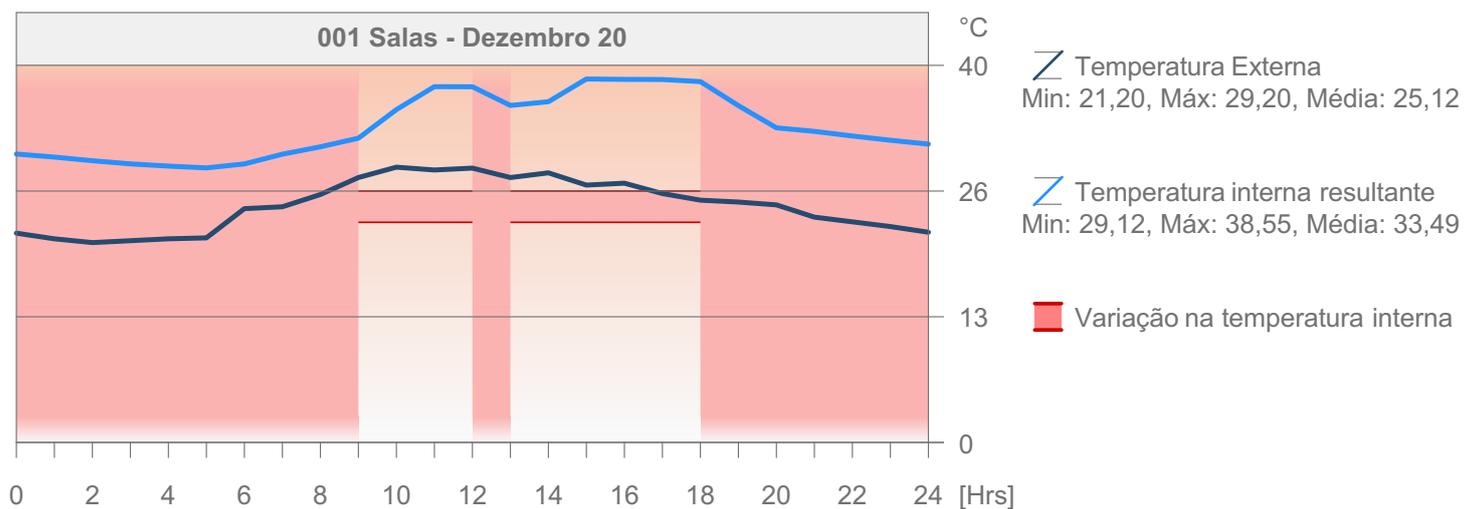
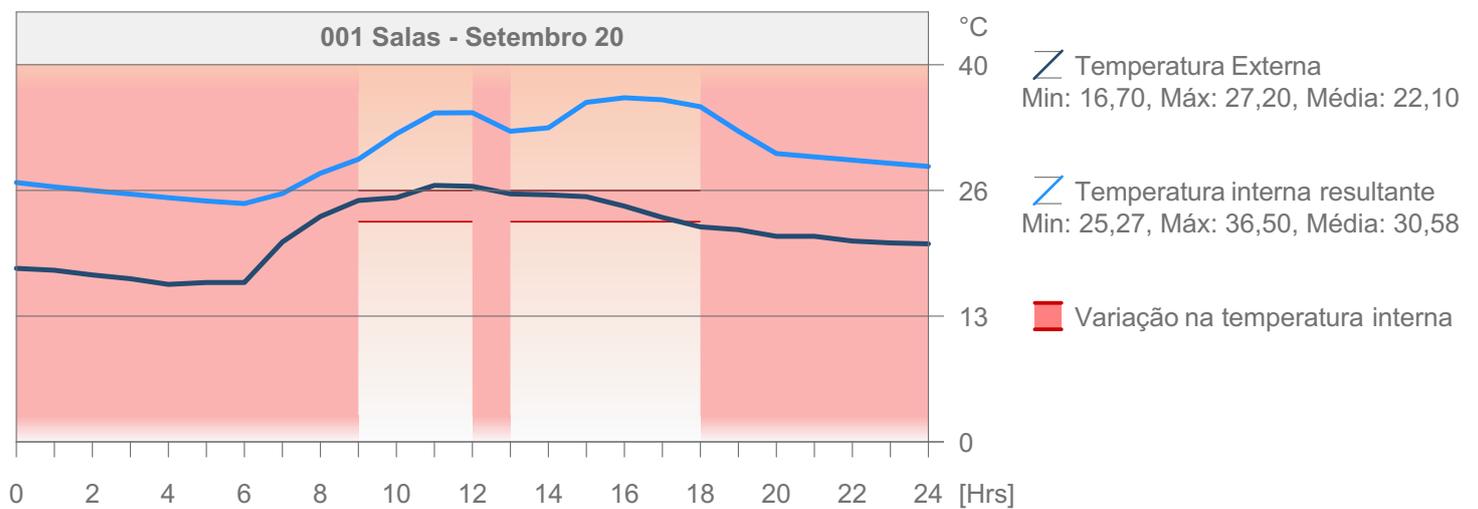
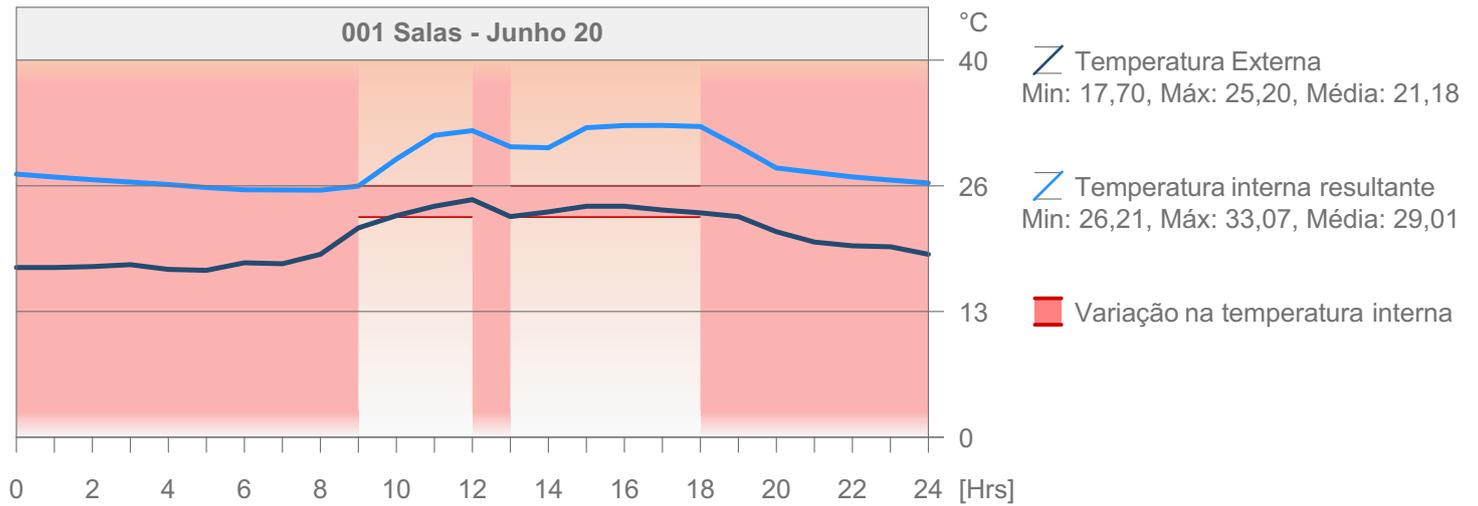
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M02 Edifício Comercial - Alvenaria + Cerâmica



# Avaliação de Desempenho Energético

M03 Edifício Comercial - Alvenaria + Placas de Rochas

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	08/05/2020 17:48

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10644,60	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9778,60	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7092,89	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25717,7179	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	23	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,86	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	3,43	
Externo:	--	
Subterrâneo:	0,45 - 6,86	
Aberturas:	--	
	2,11 - 6,68	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	4,86	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	4,86	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	86,19	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,61	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	257,96	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	43,96	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	7924,87	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7302,86	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5035,12	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19206,5340	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	25	%

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Jul 30):	23,72	°C
Média Anual:	34,31	°C
Máx. (15:00 Nov 29):	46,74	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2088	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	-	
Subterrâneo:	0,45 - 6,86	
Aberturas:	-	
	6,67 - 6,68	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	47500,24	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

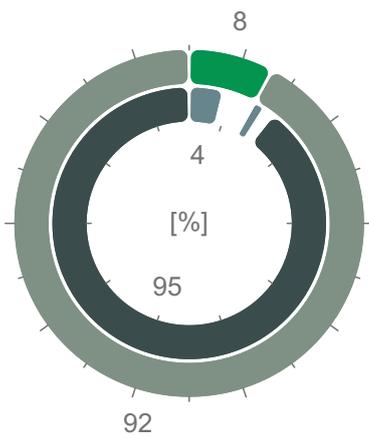
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	  Ar Externo	69	69	ND	0
Secundário	  Eletricidade	817	2452	429885	0
Total:		887	2522	429885	0

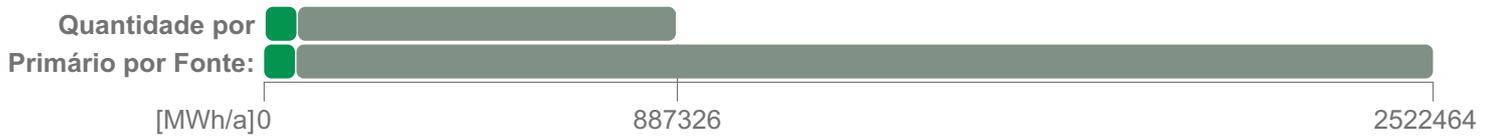
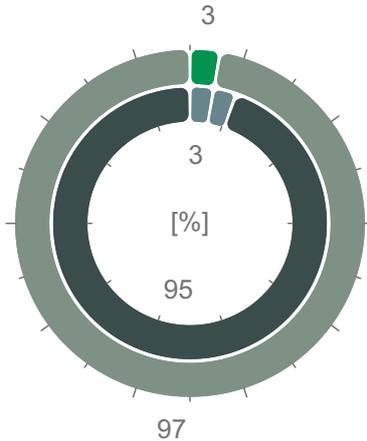
# Avaliação de Desempenho Energético

M03 Edifício Comercial - Alvenaria + Placas de Rochas

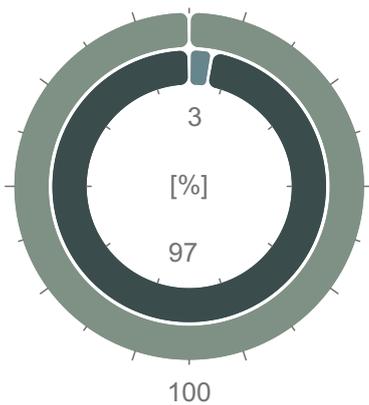
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



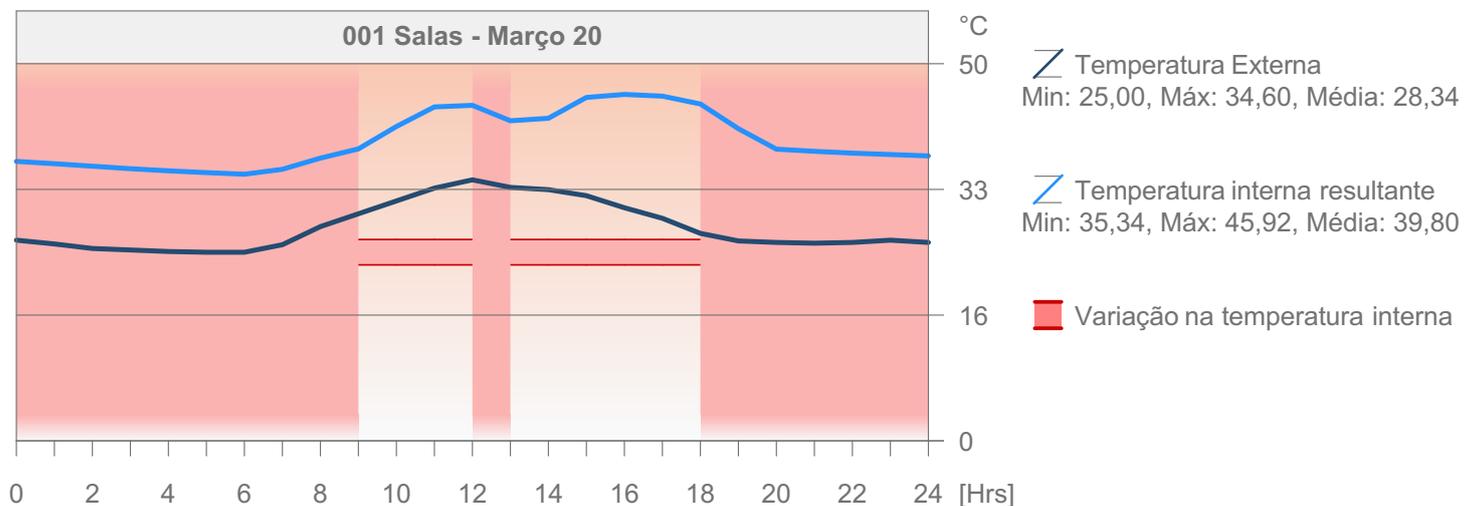
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

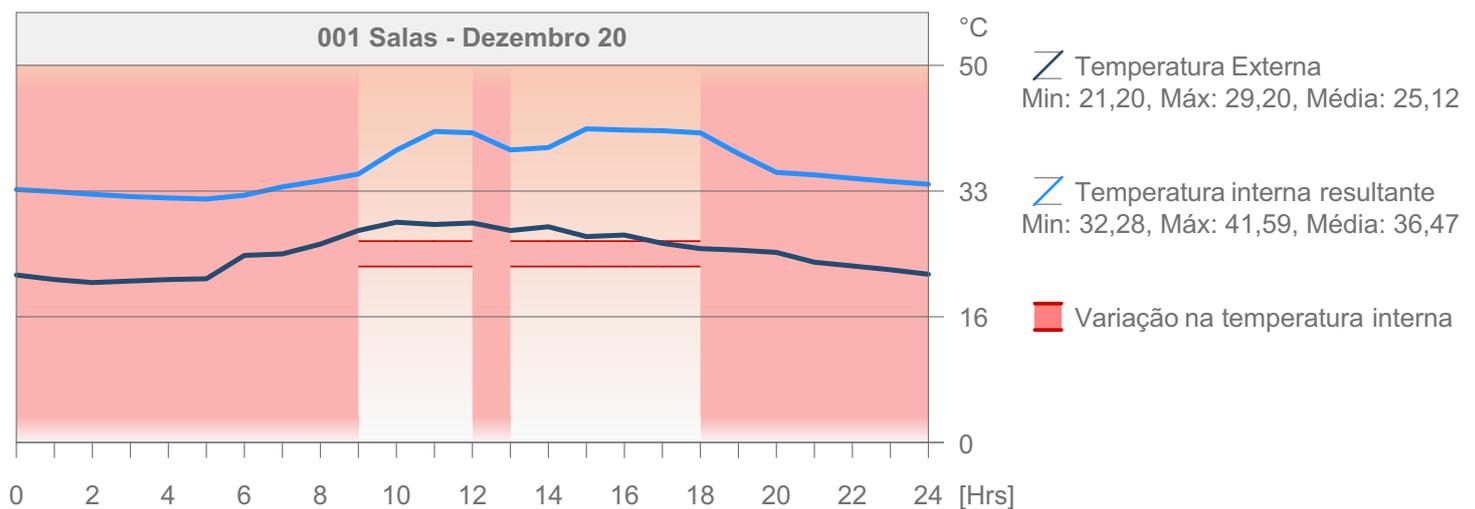
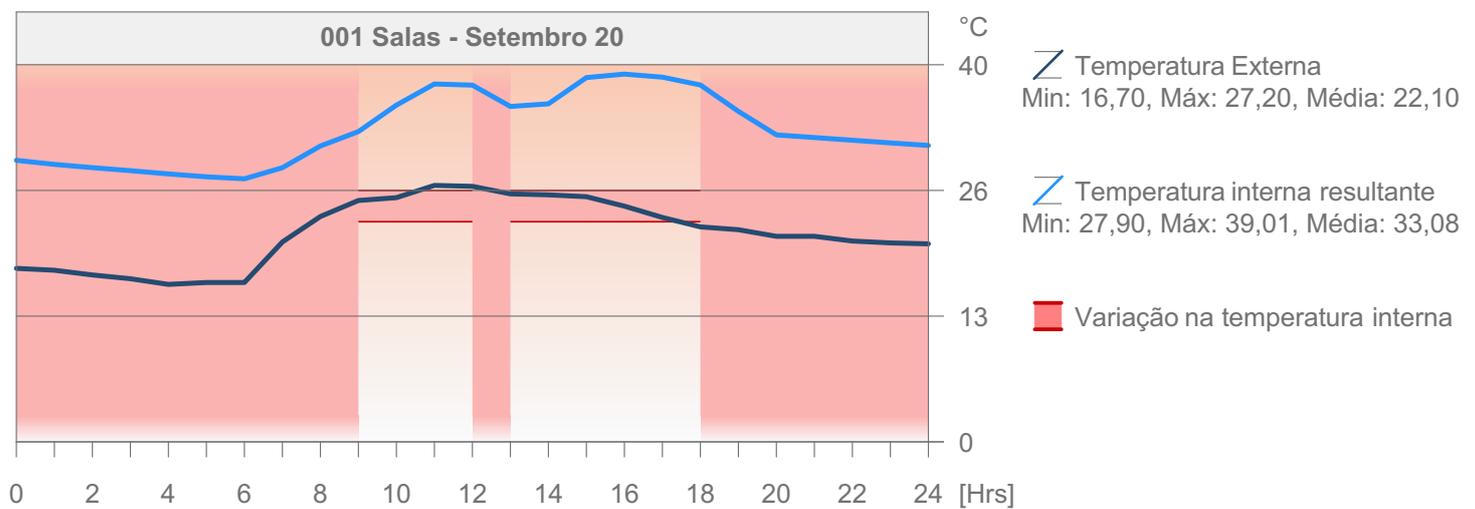
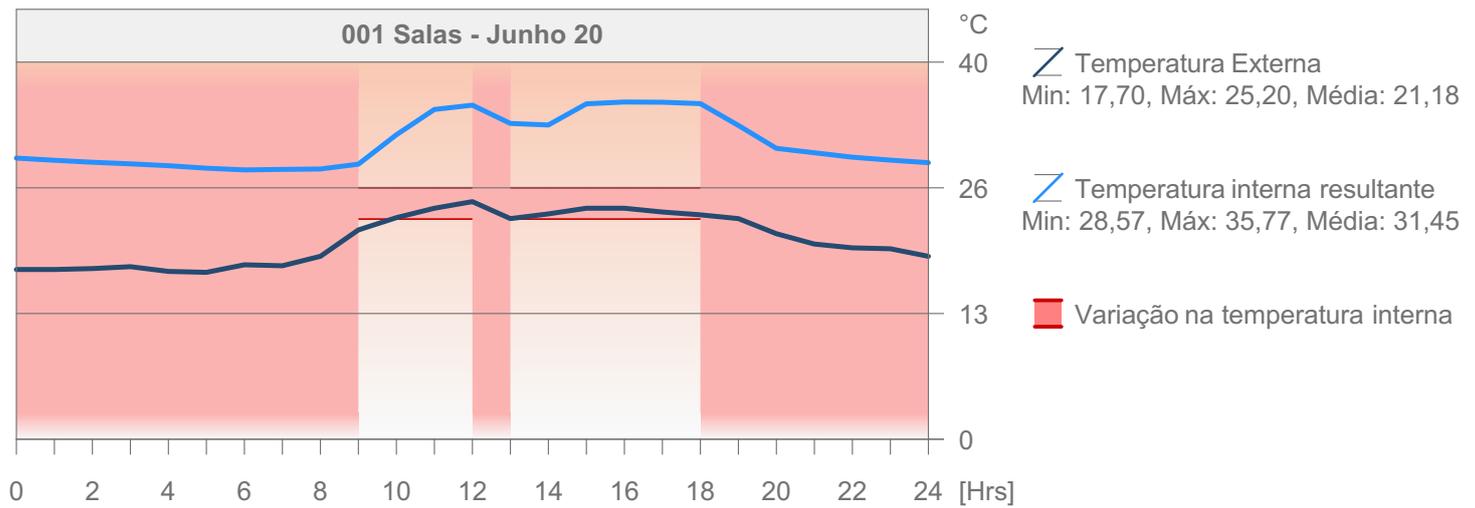
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M03 Edifício Comercial - Alvenaria + Placas de Rochas



# Avaliação de Desempenho Energético

M04 Edifício Comercial - Alvenaria + ACM

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	08/05/2020 19:08

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10624,23	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9783,90	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7221,79	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25731,6689	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	22	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,88	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	3,43	
Externo:	--	
Subterrâneo:	0,45 - 6,86	
Aberturas:	--	
	2,11 - 6,68	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	4,88	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	4,88	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	86,21	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,62	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	258,01	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	43,97	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	7903,00	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7306,79	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5061,71	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19216,8570	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	25	%

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Jul 30):	23,64	°C
Média Anual:	34,23	°C
Máx. (15:00 Nov 29):	46,64	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2088	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	-	
Subterrâneo:	0,45 - 6,86	
Aberturas:	-	
	6,67 - 6,68	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	47718,89	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

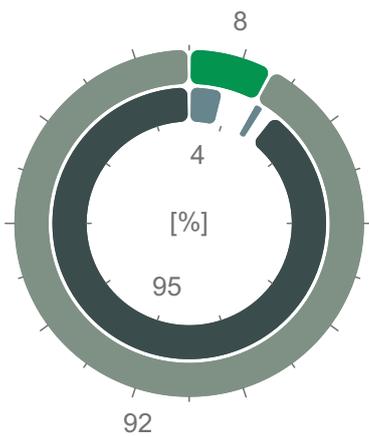
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	  Ar Externo	70	70	ND	0
Secundário	  Eletricidade	818	2454	430160	0
Total:		888	2524	430160	0

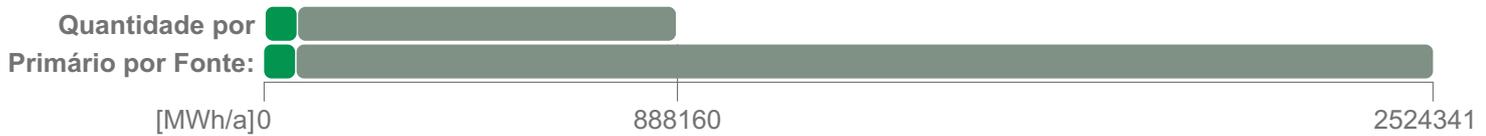
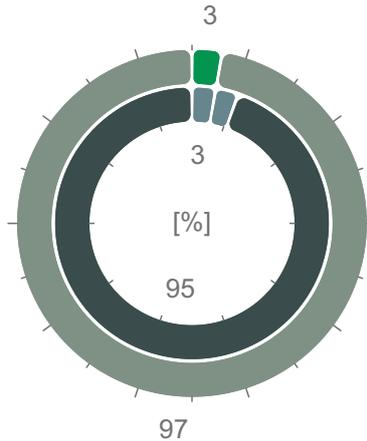
# Avaliação de Desempenho Energético

M04 Edifício Comercial - Alvenaria + ACM

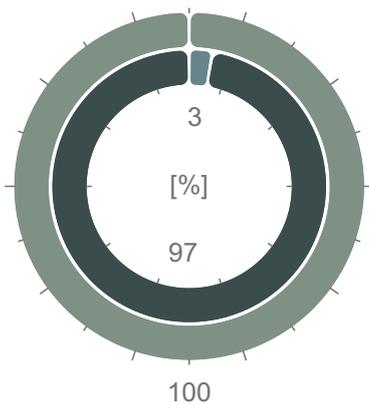
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



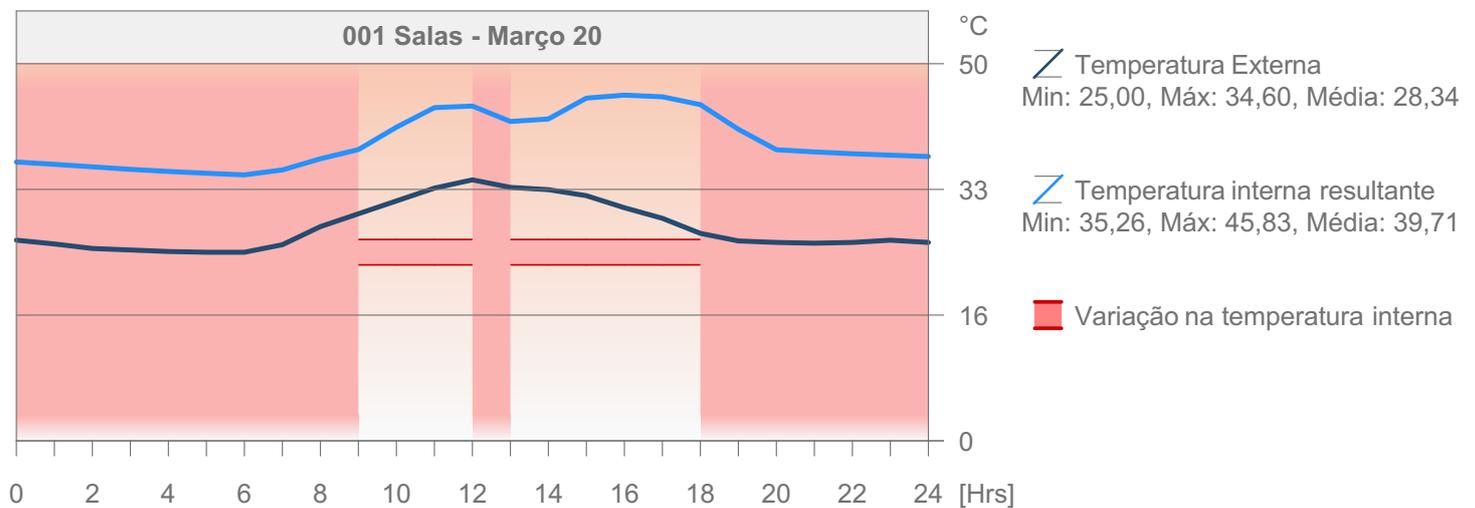
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

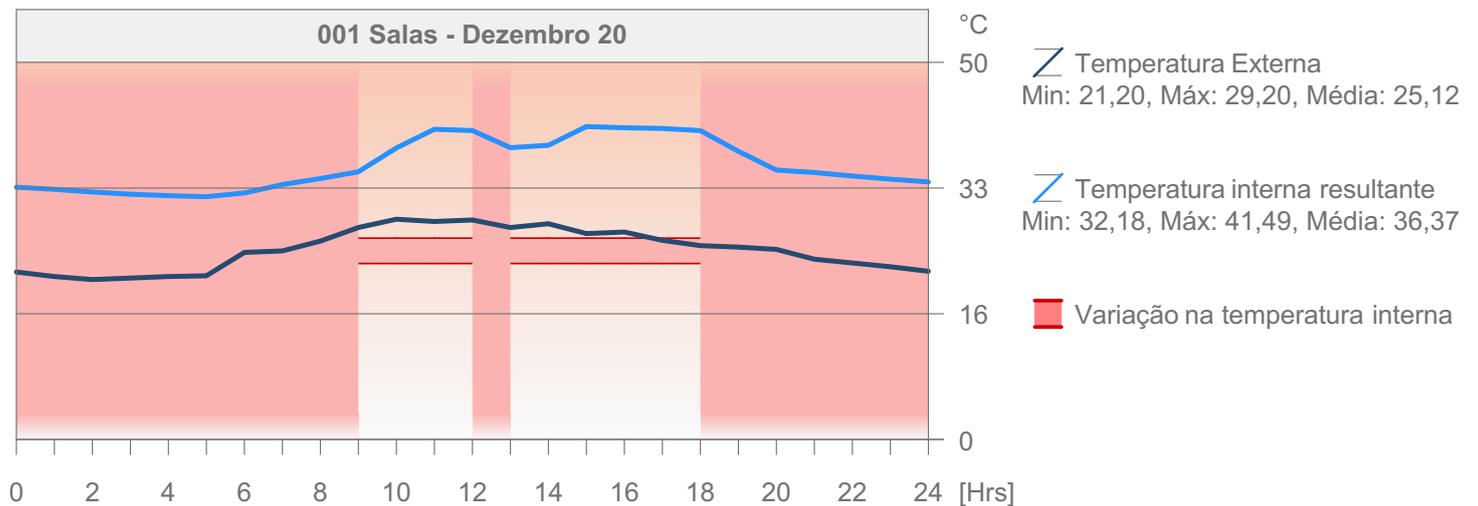
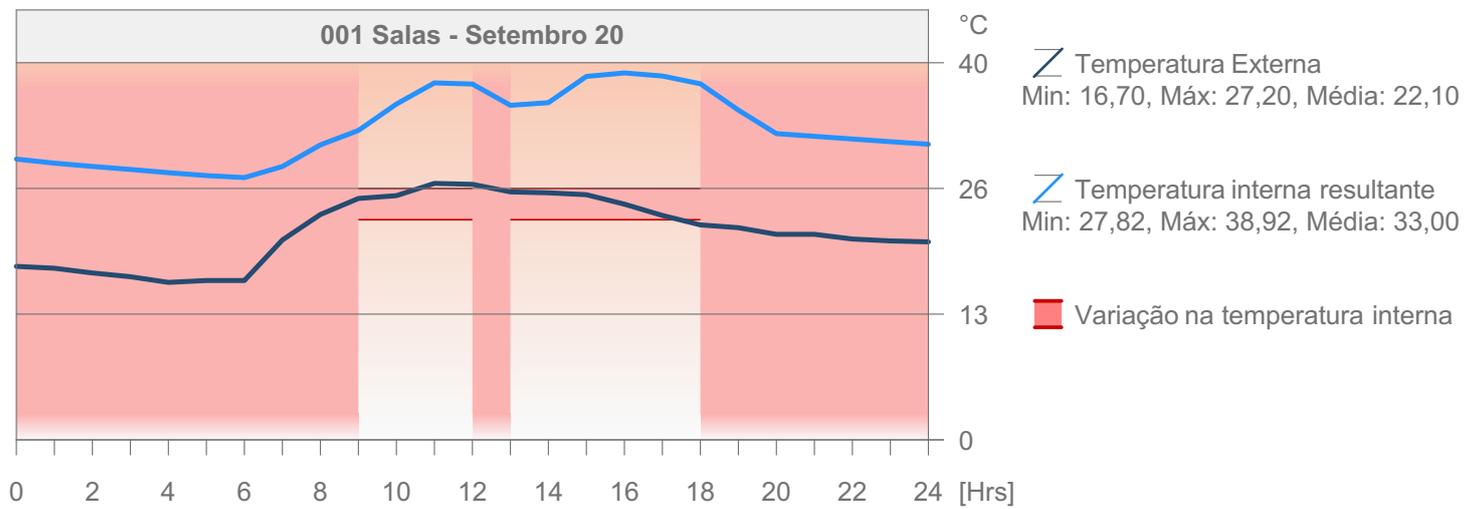
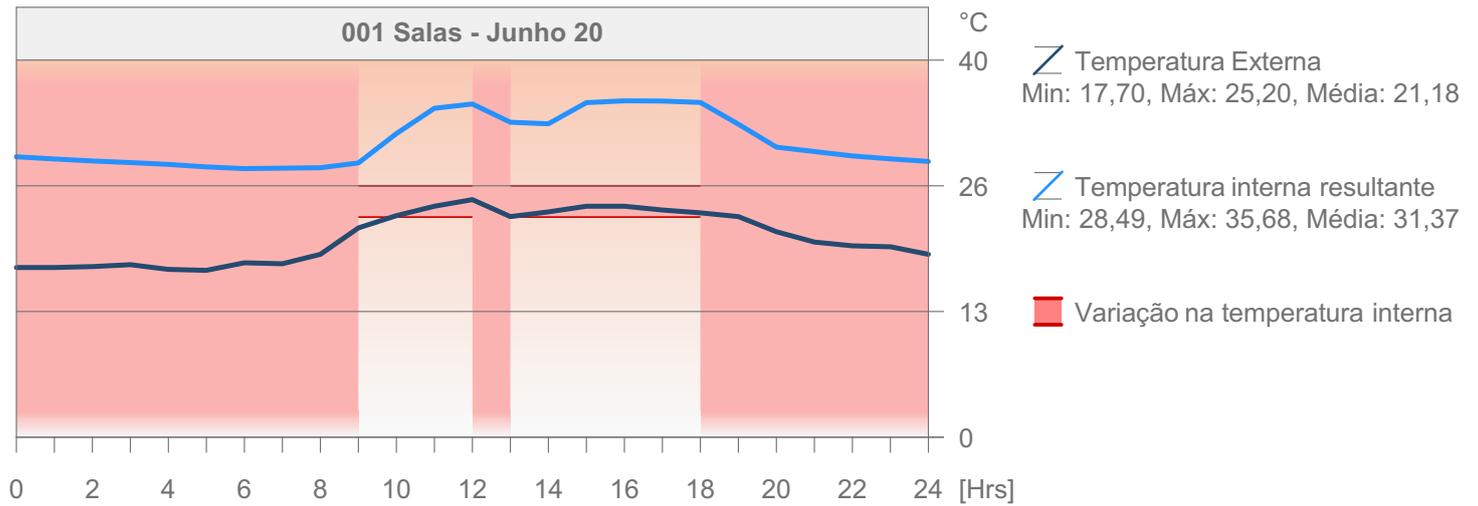
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M04 Edifício Comercial - Alvenaria + ACM



# Avaliação de Desempenho Energético

M05 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	08/05/2020 19:27

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10559,07	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9824,79	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7467,59	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25839,2094	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	22	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,91	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	--	
Externo:	0,27 - 6,86	
Subterrâneo:	--	
Aberturas:	2,11 - 6,68	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	5,21	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	5,21	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	79,97	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	77,19	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	239,21	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	40,59	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	7870,29	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7360,04	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5306,98	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19356,8959	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	24	%

### Temperatura Interna

Min. (06:00 Ago 19):	22,53	°C
Média Anual:	33,87	°C
Máx. (16:00 Dez 13):	47,08	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2087	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	0,27 - 6,86	
Subterrâneo:	-	
Aberturas:	2,11 - 6,68	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	51151,45	kWh

### Picos de Cargas

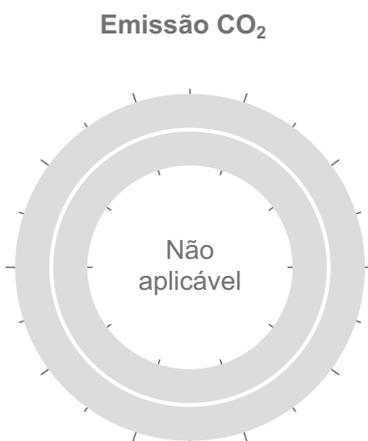
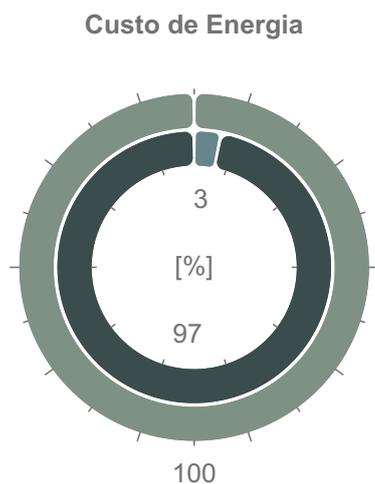
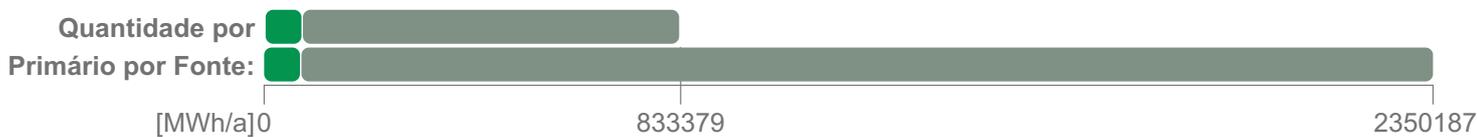
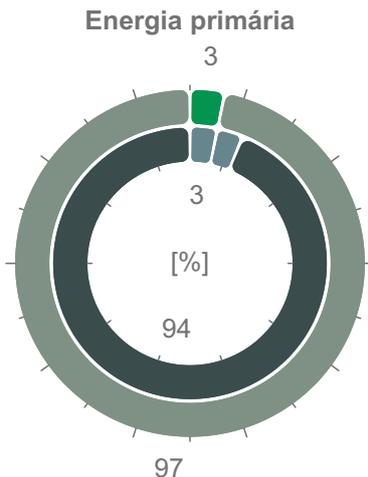
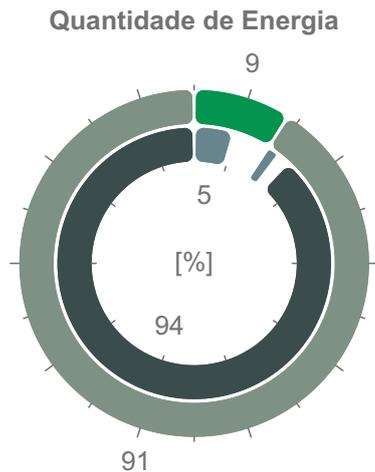
Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	74	74	ND	0
Secundário	Eletricidade	758	2275	398776	0
Total:		<b>833</b>	<b>2350</b>	<b>398776</b>	<b>0</b>

# Avaliação de Desempenho Energético

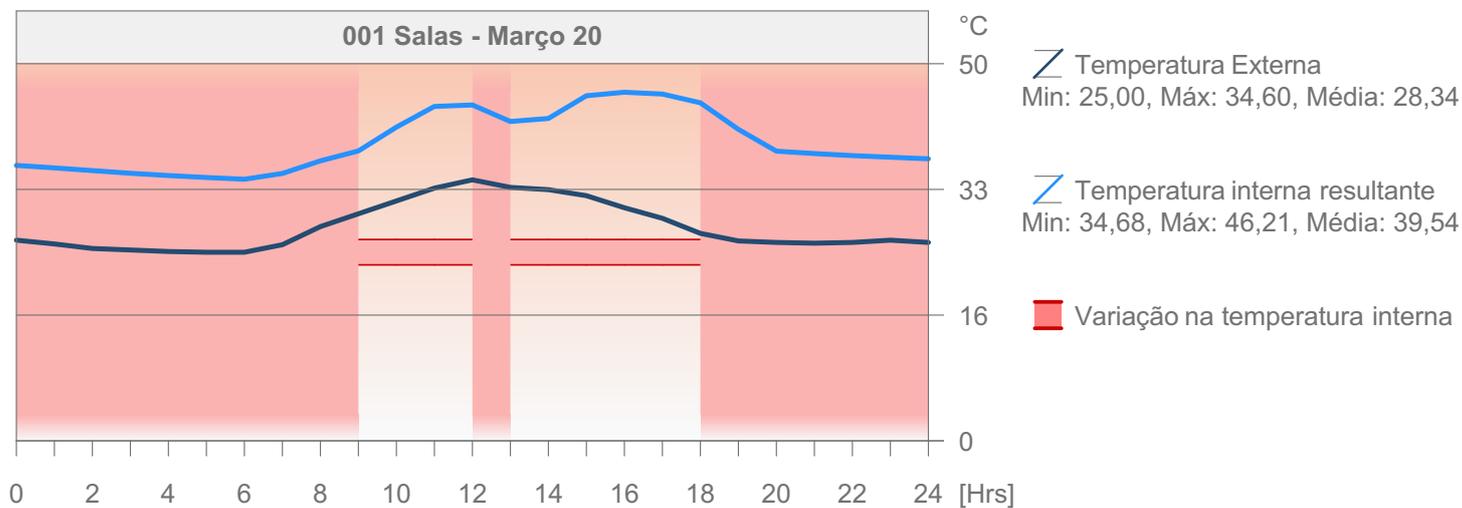
M05 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento



### Metas Energéticas

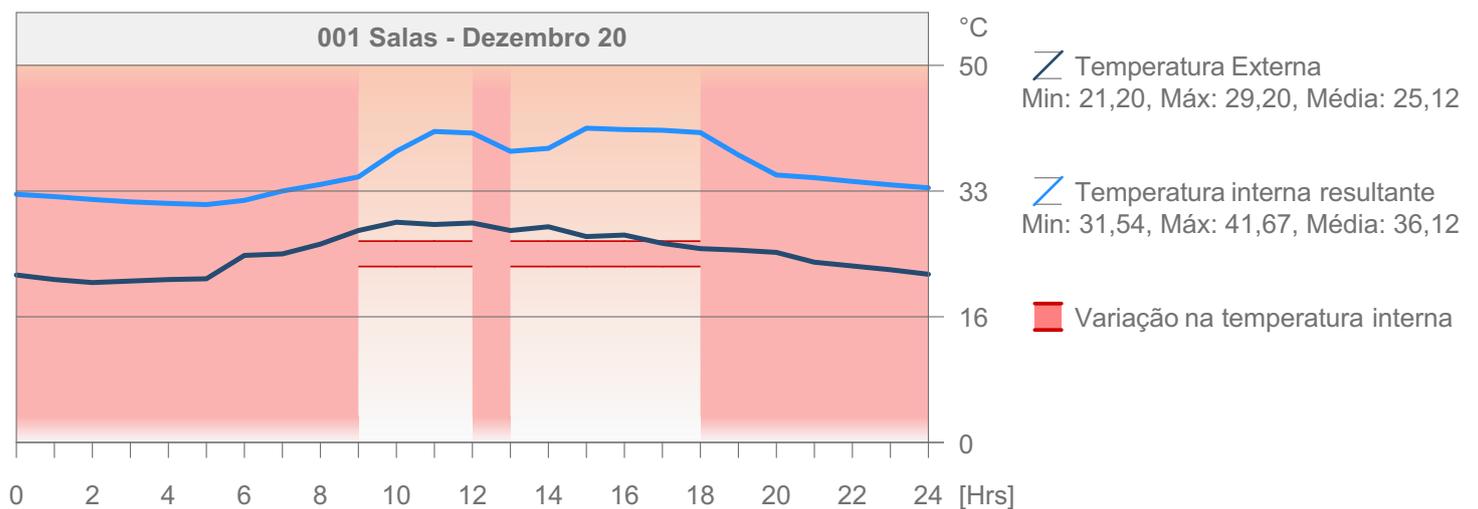
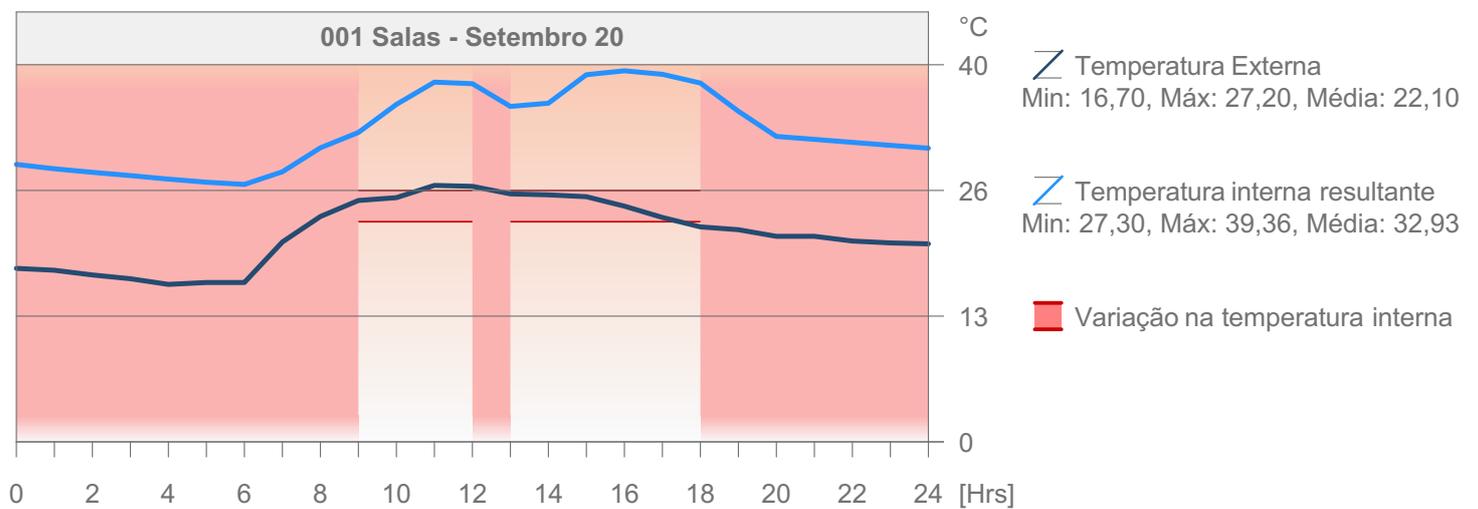
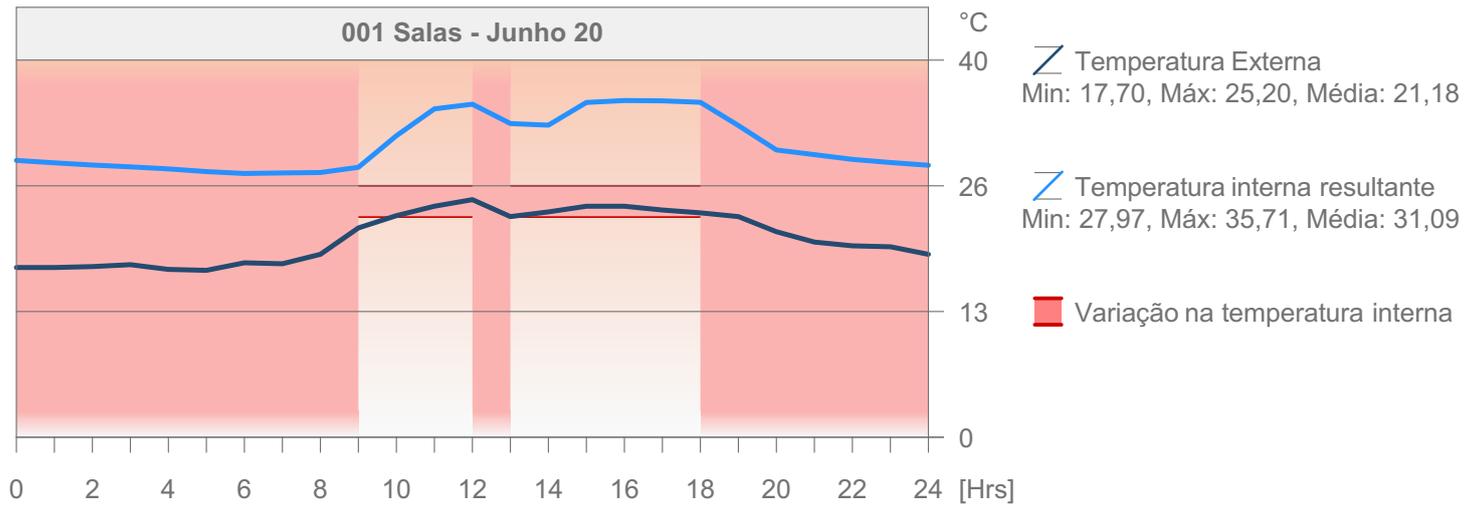
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M05 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento



# Avaliação de Desempenho Energético

M05.2 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento + isolante

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	08/05/2020 20:28

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10583,14	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9838,09	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7784,41	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25874,1850	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	21	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,95	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Média do invólucro do edifício:	3,39
Pavimentos:	--
Externo:	0,45 - 6,86
Subterrâneo:	--
Aberturas:	2,11 - 6,68

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	5,19	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	5,19	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	86,76	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,99	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	259,58	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	44,16	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	7889,35	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7370,73	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5559,13	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19385,0297	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	23	%

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Jul 30):	22,54	°C
Média Anual:	33,58	°C
Máx. (16:00 Dez 13):	46,48	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2087	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	-
Externo:	0,45 - 6,86
Subterrâneo:	-
Aberturas:	2,11 - 6,68

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	51014,50	kWh

### Picos de Cargas

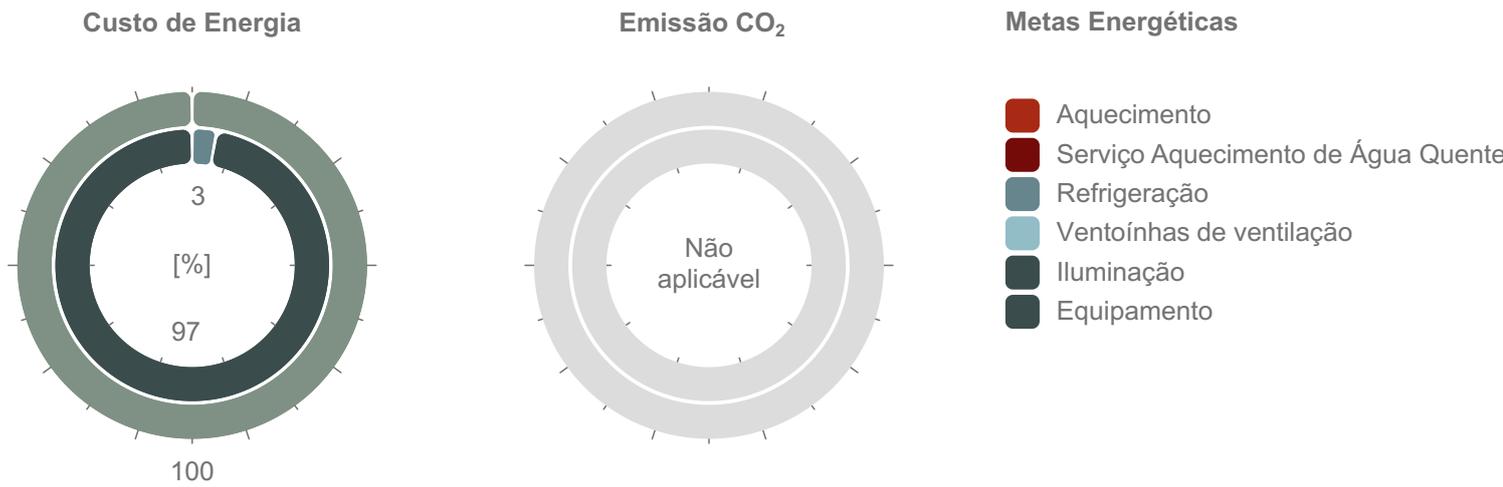
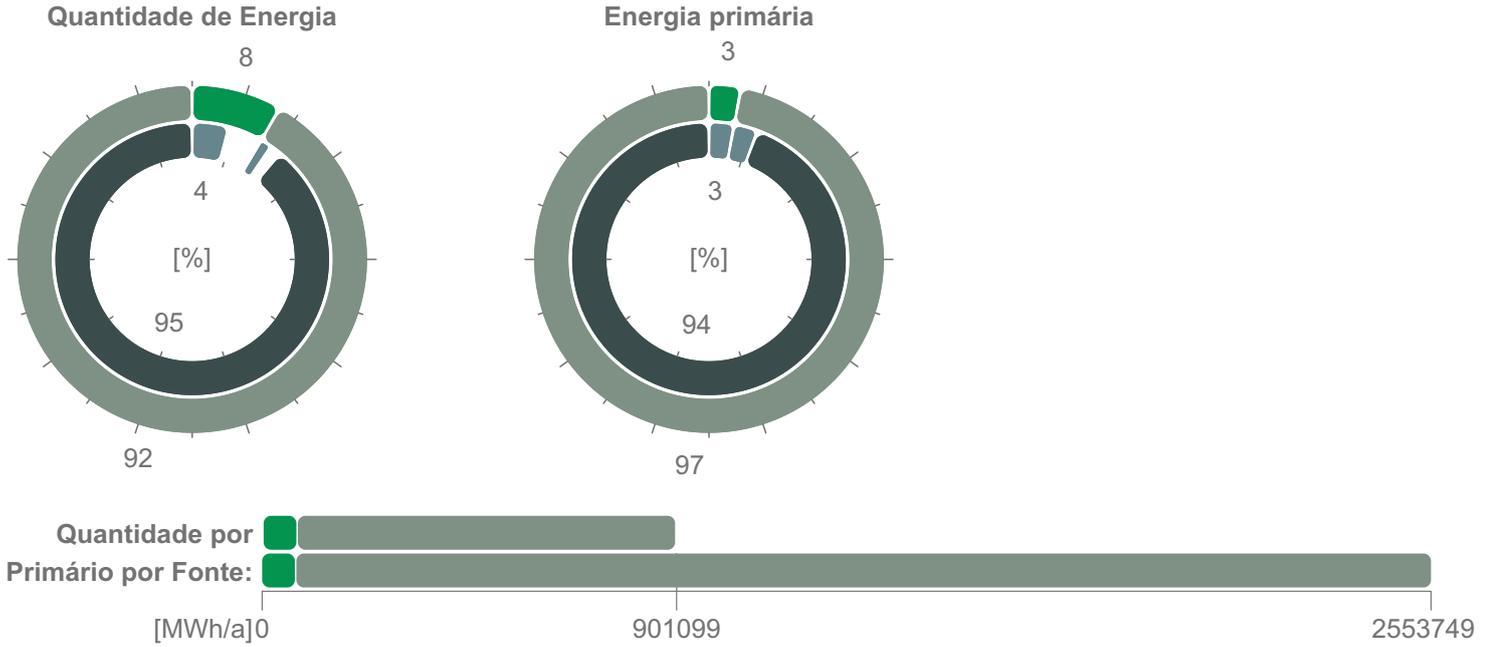
Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

## Consumo de Energia por Fontes

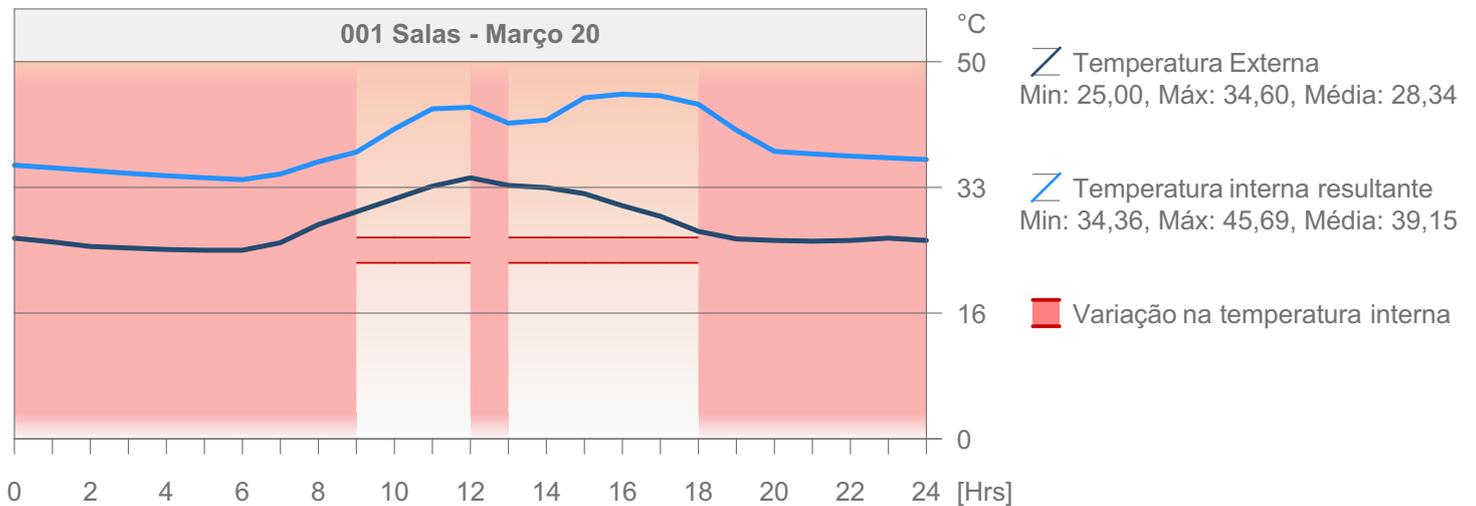
Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	74	74	ND	0
Secundário	Eletricidade	826	2478	434489	0
Total:		<b>901</b>	<b>2553</b>	<b>434489</b>	<b>0</b>

# Avaliação de Desempenho Energético

M05.2 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento + isolante

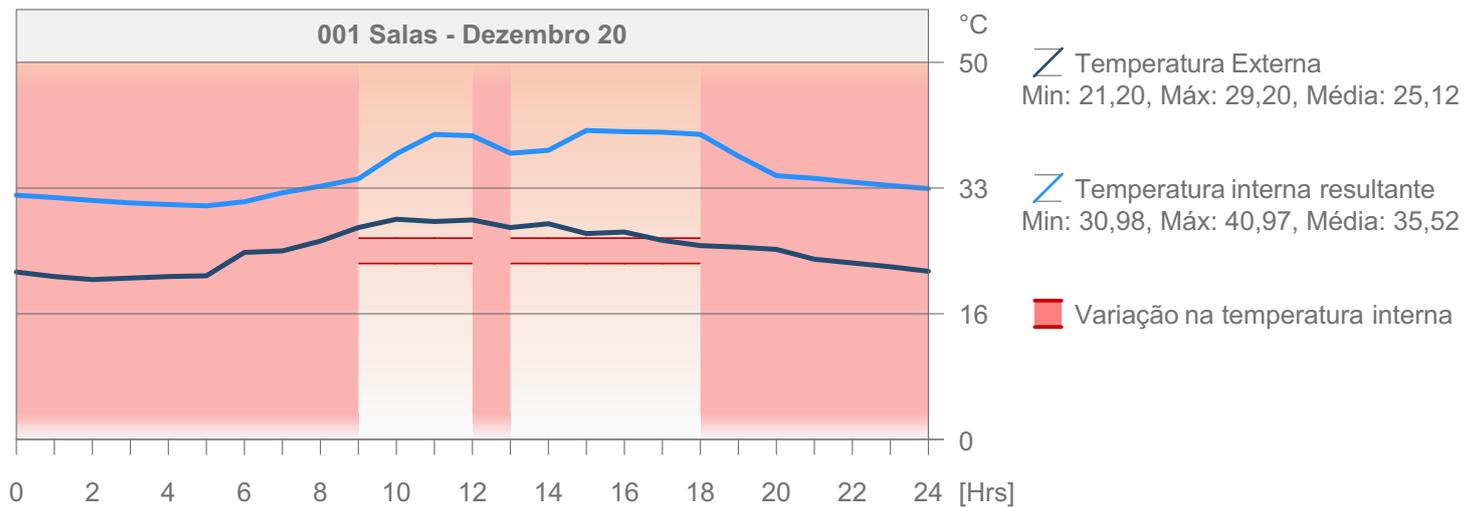
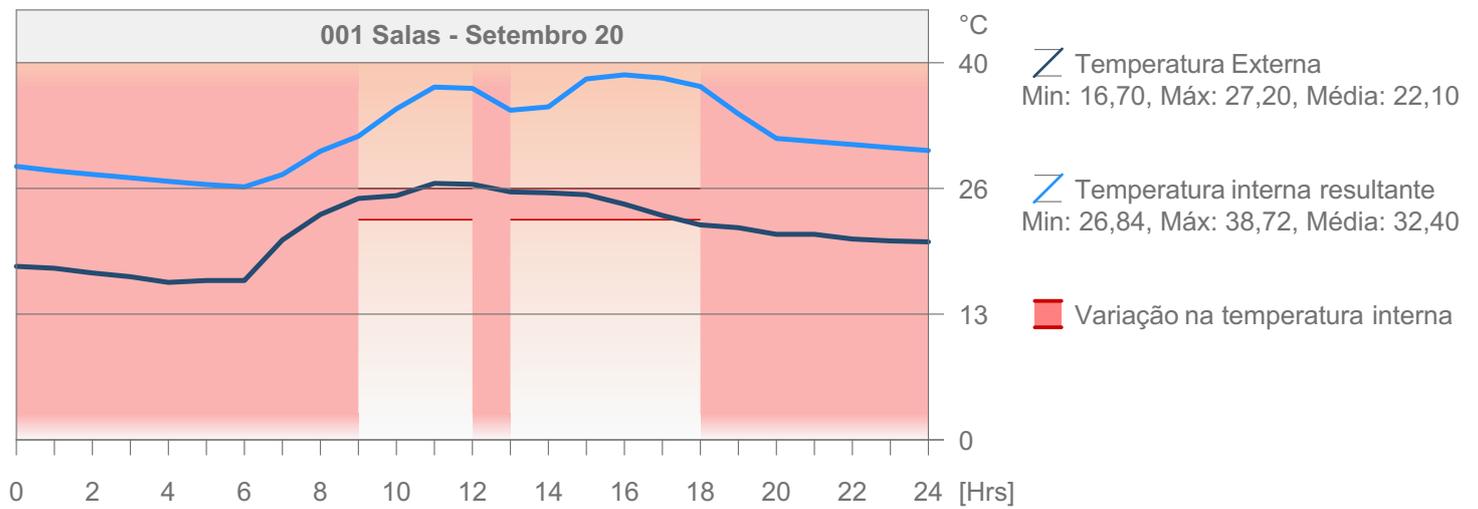
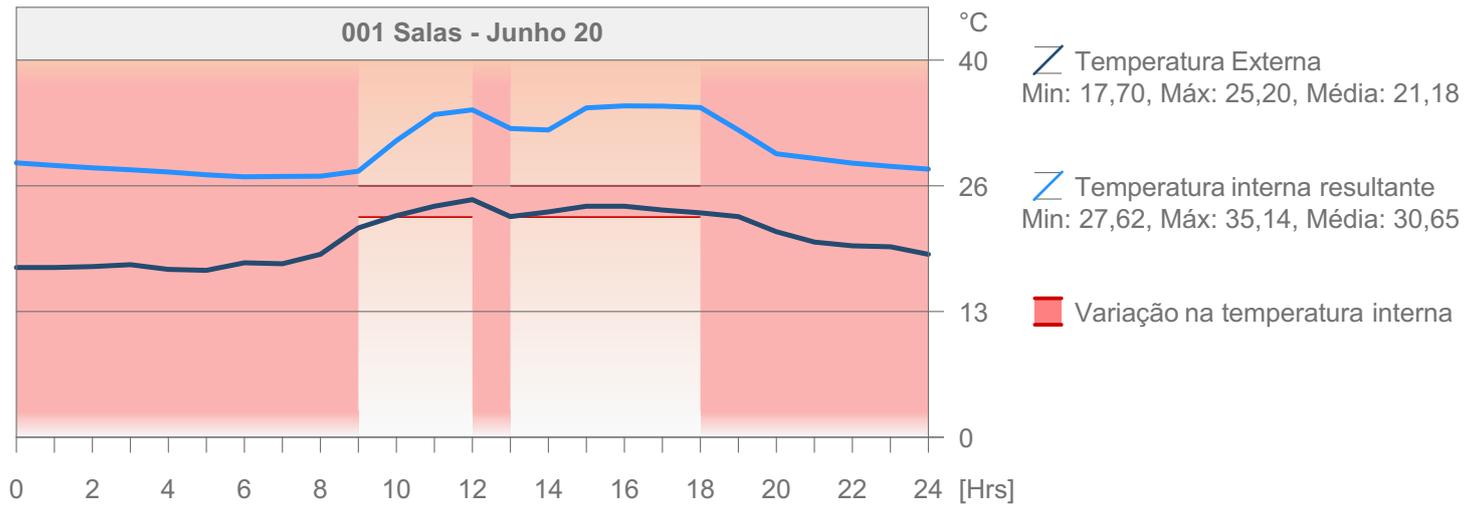


## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M05.2 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento + isolante



# Avaliação de Desempenho Energético

M06 Edifício Comercial - Vidro simples incolor

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	08/05/2020 21:39

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	11286,62	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	10510,51	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7992,20	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25917,0172	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	59	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	2,22	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	--	
Externo:	2,41 - 6,86	
Subterrâneo:	--	
Aberturas:	2,11 - 6,37	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	4,78	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	4,78	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	85,93	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,38	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	257,15	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	43,84	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	8340,47	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7831,34	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5051,37	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19354,0055	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	67	%

### Temperatura Interna

Min. (06:00 Ago 19):	22,05	°C
Média Anual:	34,77	°C
Máx. (15:00 Dez 13):	49,57	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2087	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	2,41 - 6,86	
Subterrâneo:	-	
Aberturas:	6,28 - 6,37	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	50243,10	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

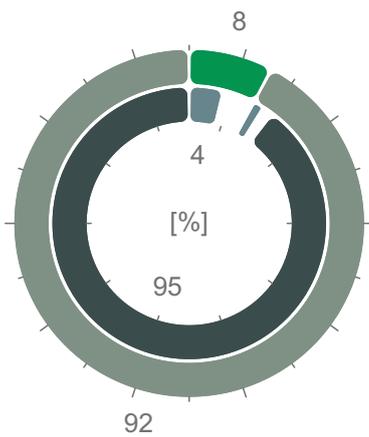
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	73	73	ND	0
Secundário	Eletricidade	876	2629	460808	0
Total:		950	2702	460808	0

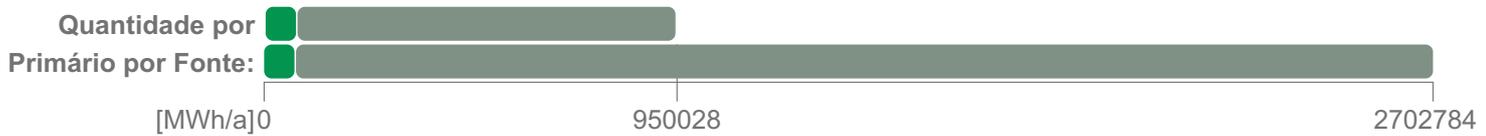
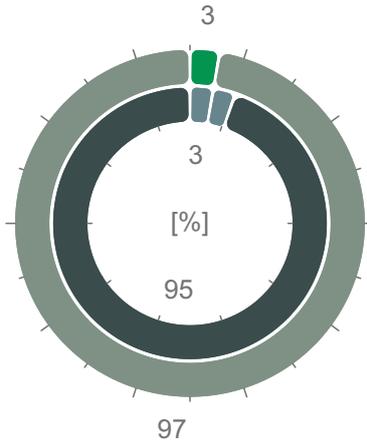
# Avaliação de Desempenho Energético

M06 Edifício Comercial - Vidro simples incolor

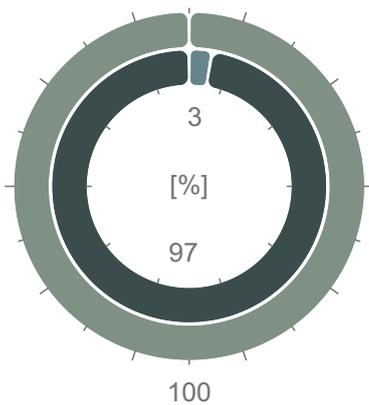
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



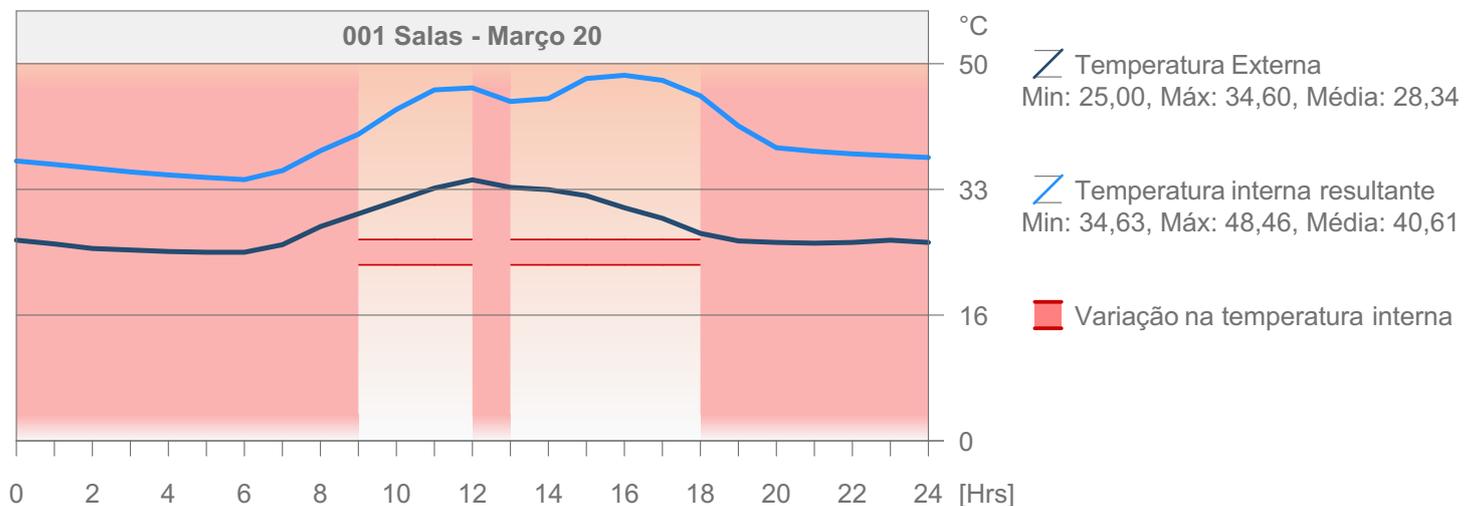
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

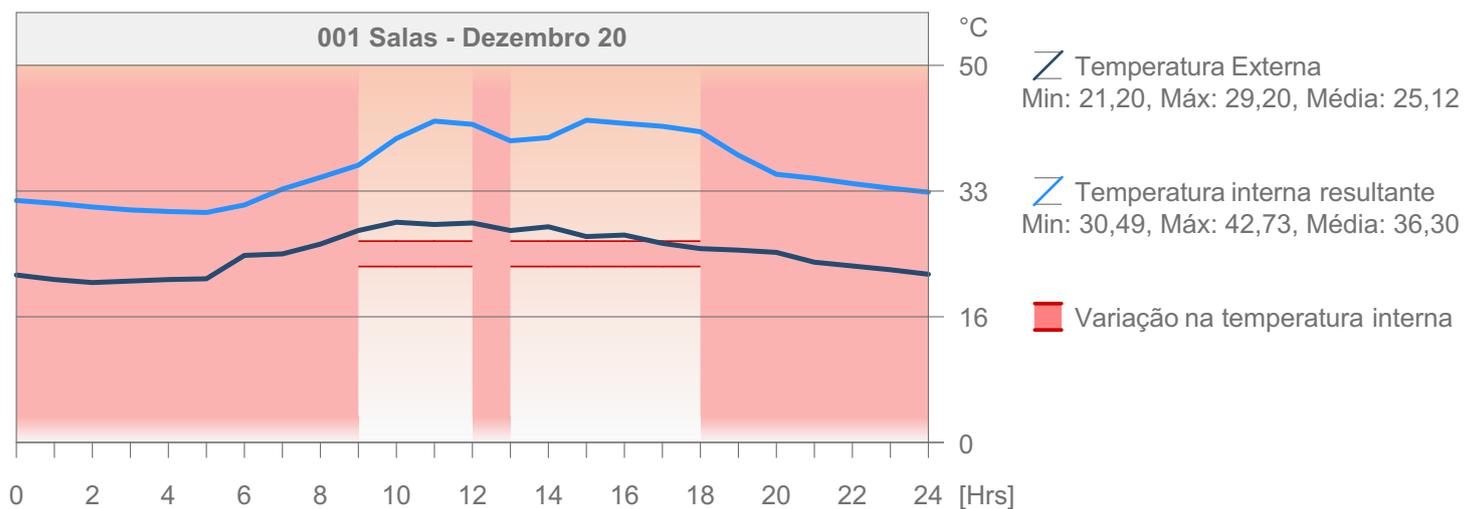
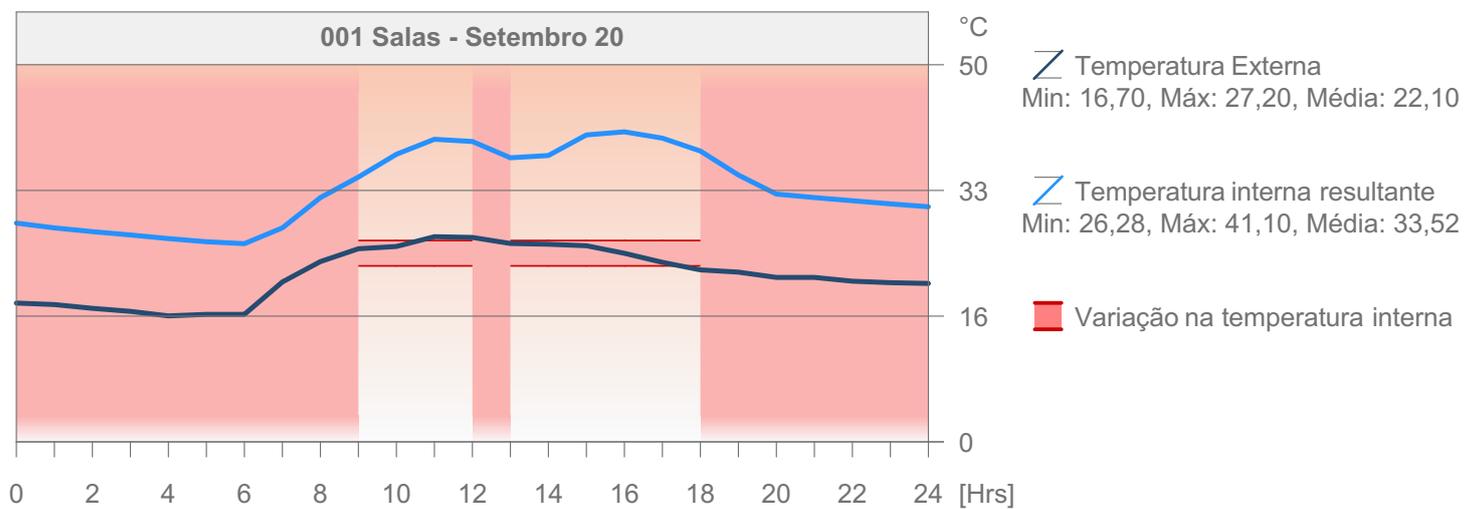
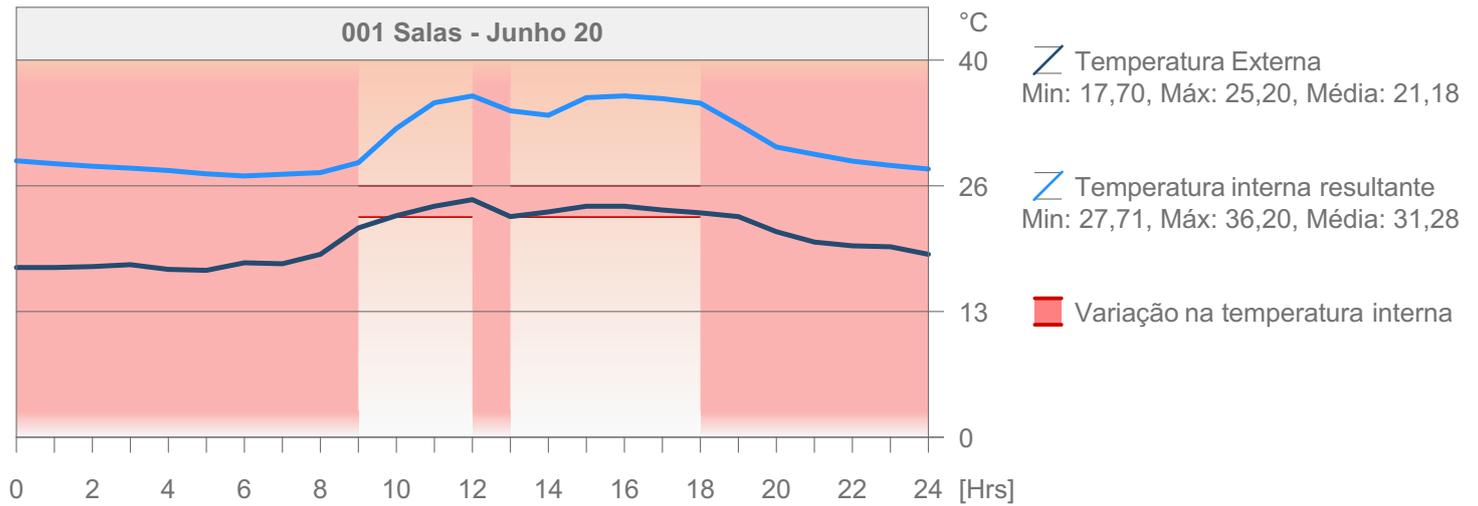
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M06 Edifício Comercial - Vidro simples incolor



# Avaliação de Desempenho Energético

M07 Edifício Comercial - Vidro simples colorido

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	08/05/2020 21:59

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	11286,62	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	10510,51	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7992,20	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25917,0172	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	59	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	2,22	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	5,42	
Externo:	--	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	--	
	2,11 - 6,37	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	5,72	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	5,72	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	86,88	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,78	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	259,69	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	44,05	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	8340,47	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7831,34	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5051,37	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19354,0055	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	67	%

### Temperatura Interna

Min. (06:00 Ago 19):	21,24	°C
Média Anual:	33,02	°C
Máx. (15:00 Dez 13):	46,92	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2085	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	-	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	-	
	6,28 - 6,37	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	60138,93	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

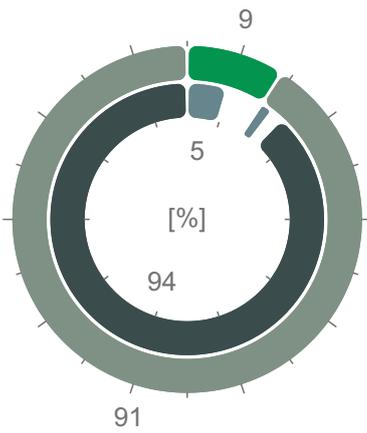
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	  Ar Externo	87	87	ND	0
Secundário	  Eletricidade	880	2641	463011	0
Total:		968	2729	463011	0

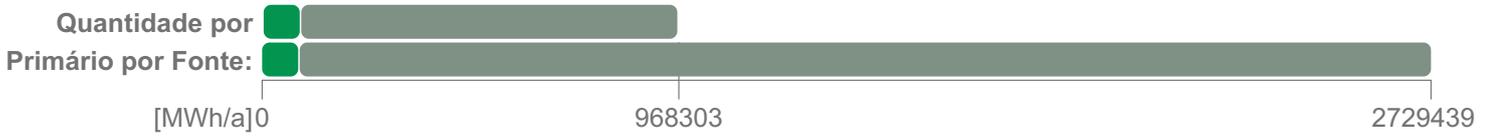
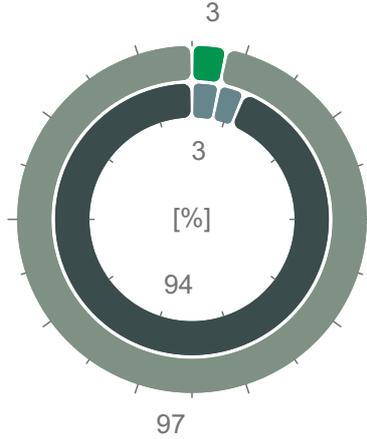
# Avaliação de Desempenho Energético

M07 Edifício Comercial - Vidro simples colorido

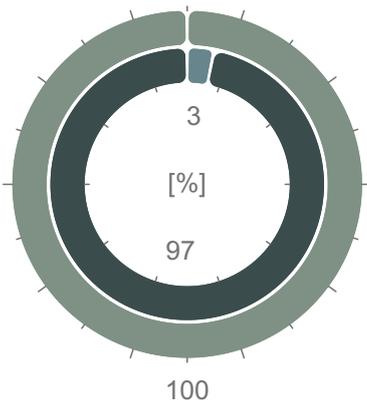
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



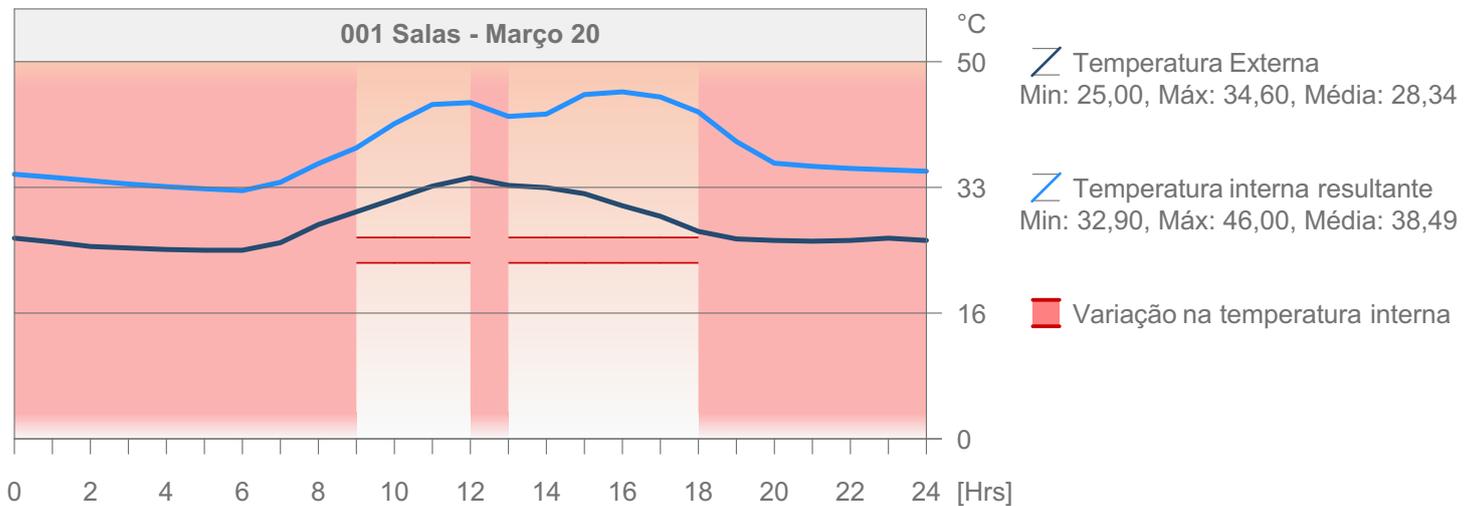
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

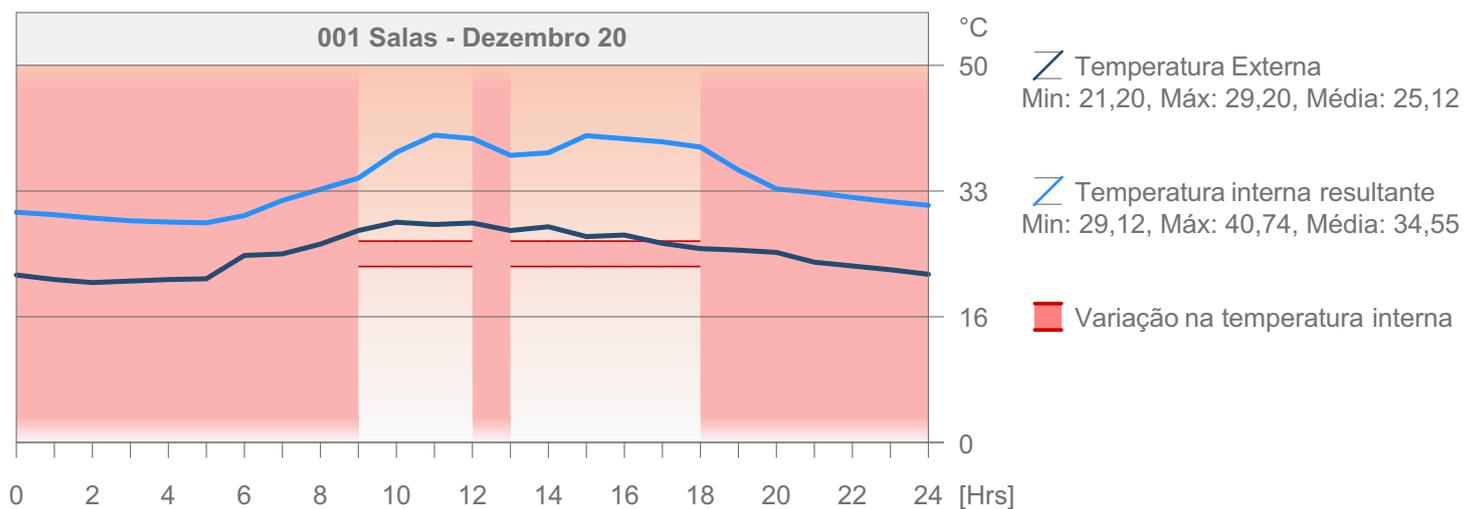
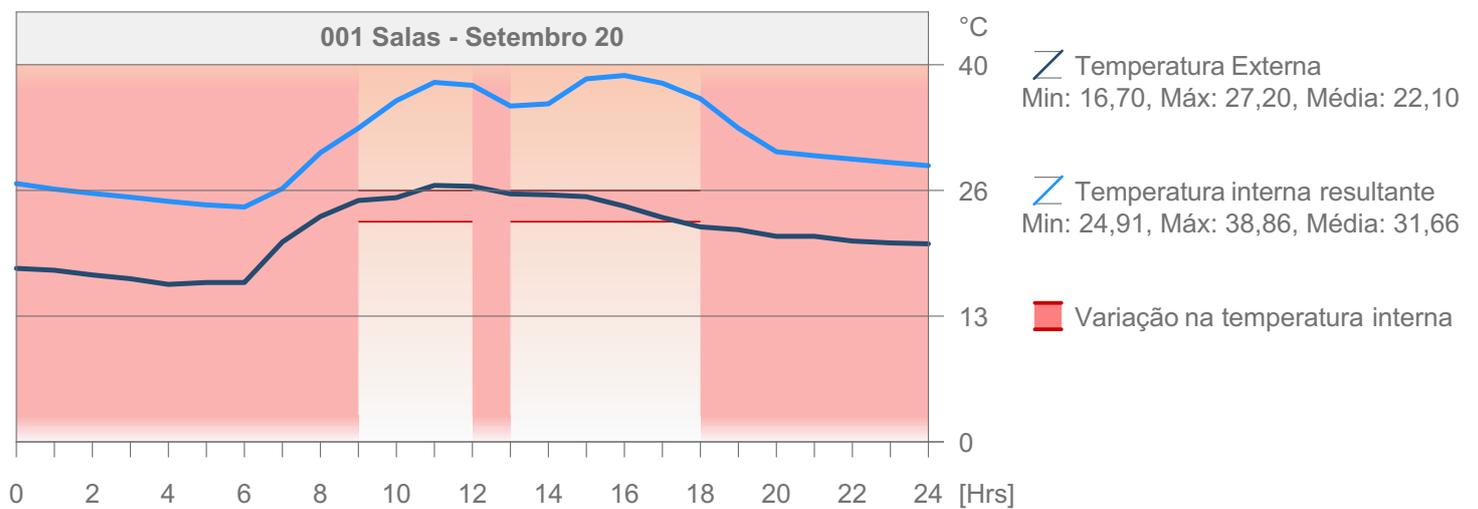
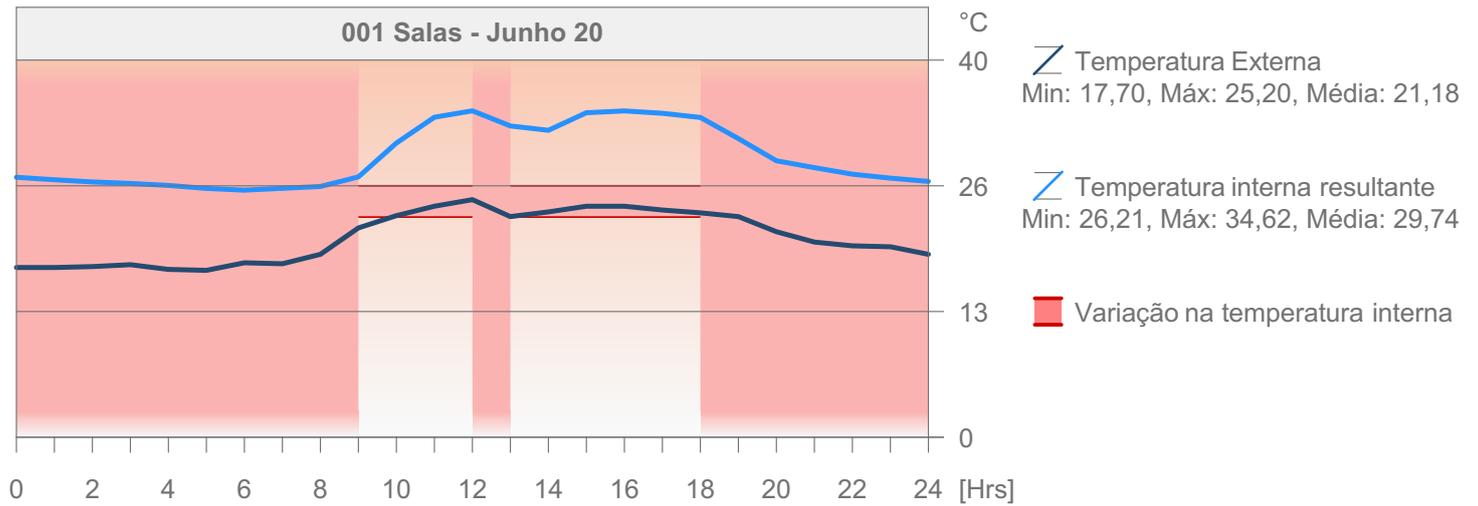
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M07 Edifício Comercial - Vidro simples colorido



# Avaliação de Desempenho Energético

M08 Edifício Comercial - Vidro duplo incolor

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	10/05/2020 12:36

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	11286,62	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	10510,51	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7992,20	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25917,0172	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	59	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	2,22	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	3,64	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	--		
Externo:	2,41 - 6,86		
Subterrâneo:	--		
Aberturas:	2,11 - 3,54		

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	4,34	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	4,34	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	85,49	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,19	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	255,96	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	43,74	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	8340,47	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7831,34	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5051,37	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19354,0055	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	67	%

### Temperatura Interna

Min. (06:00 Ago 19):	25,15	°C
Média Anual:	39,09	°C
Máx. (16:00 Dez 13):	55,50	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2088	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	-	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	2,41 - 6,86		
Subterrâneo:	-		
Aberturas:	3,43 - 3,54		

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	45608,66	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

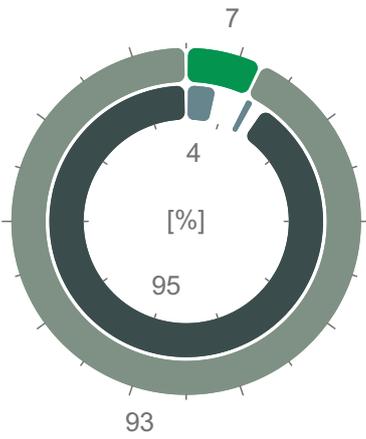
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	67	67	ND	0
Secundário	Eletricidade	874	2623	459777	0
Total:		941	2690	459777	0

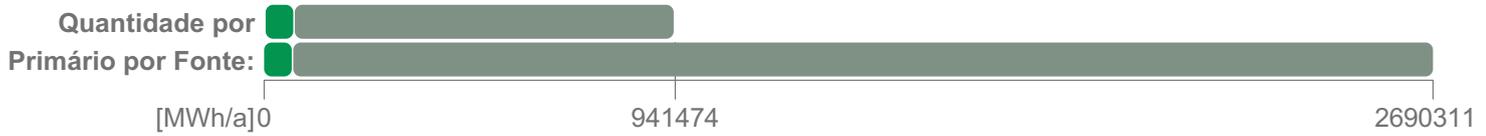
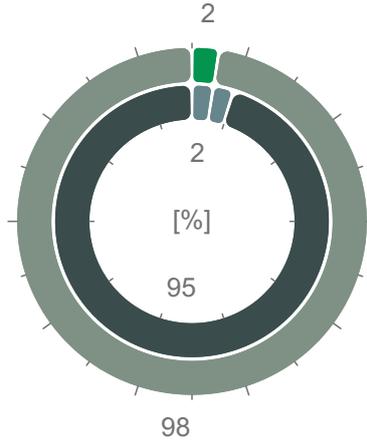
# Avaliação de Desempenho Energético

M08 Edifício Comercial - Vidro duplo incolor

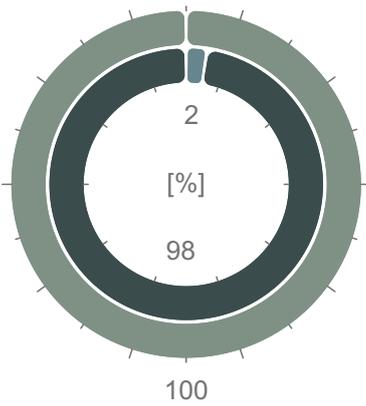
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



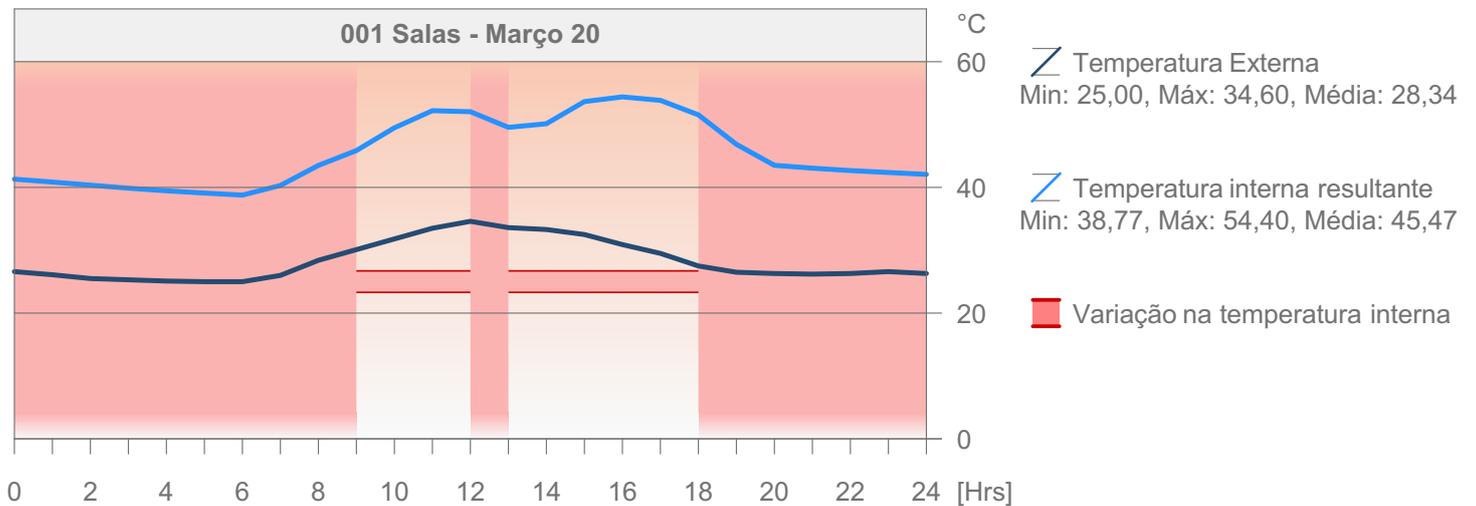
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

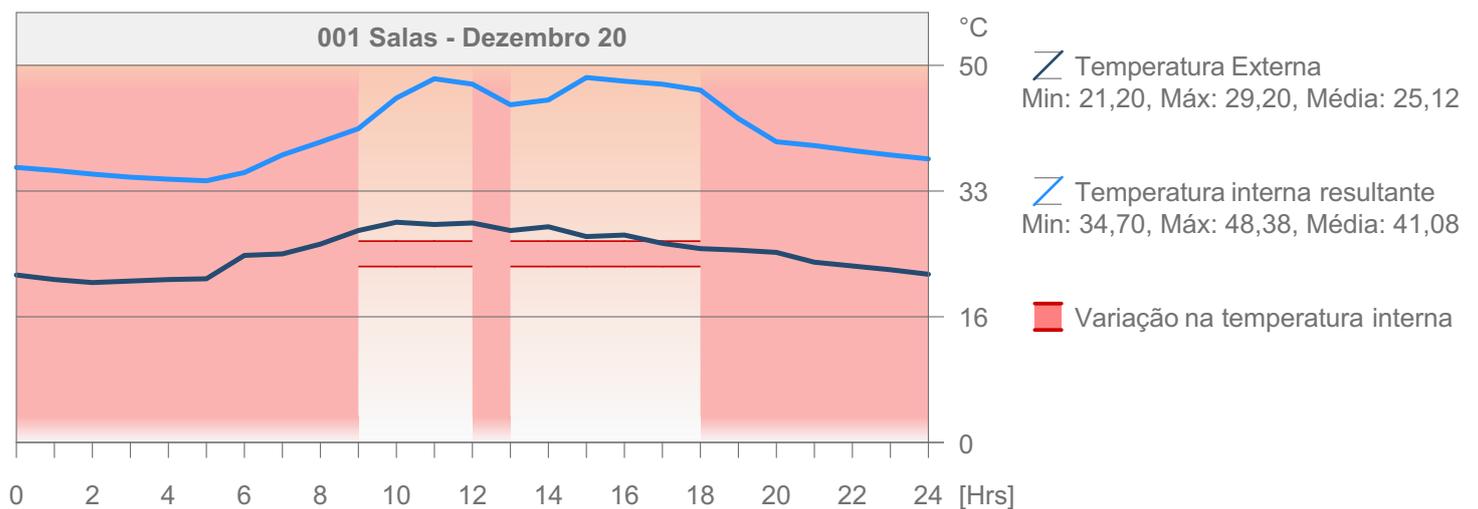
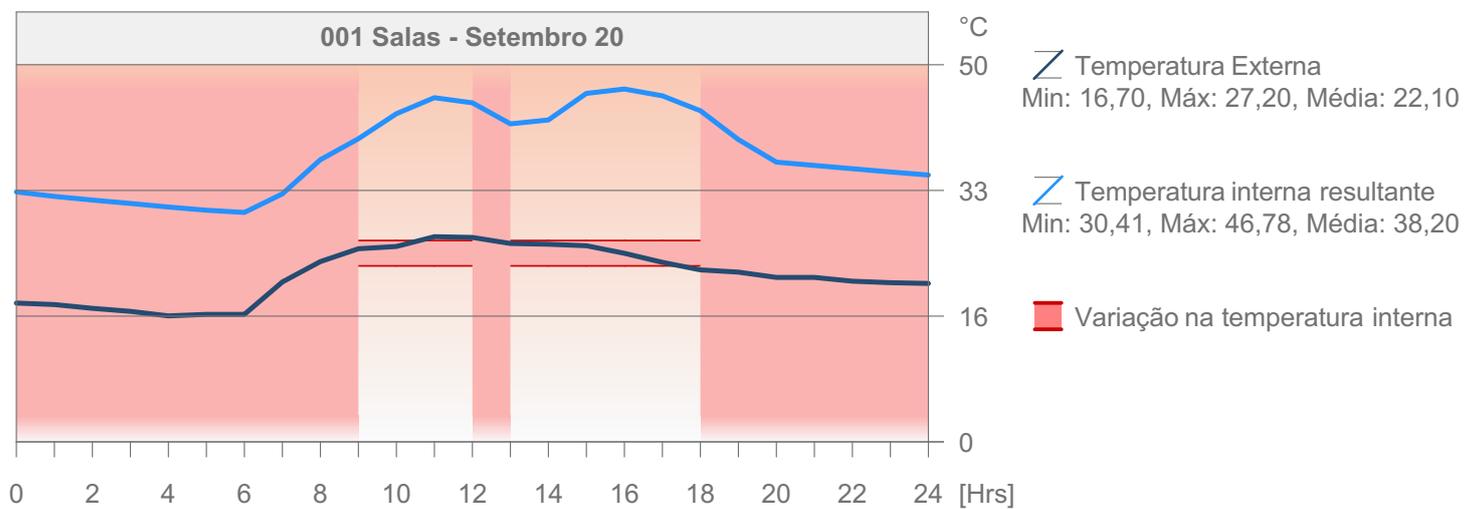
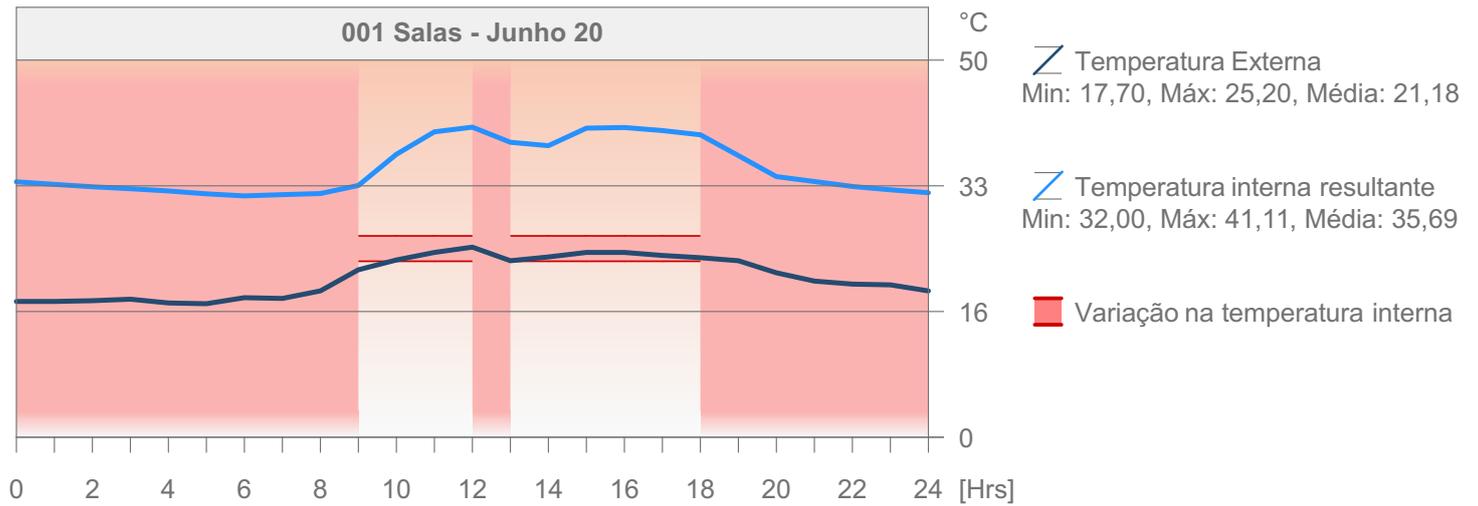
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M08 Edifício Comercial - Vidro duplo incolor



# Avaliação de Desempenho Energético

M09 Edifício Comercial - Vidro duplo colorido

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	10/05/2020 12:47

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	11286,62	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	10510,51	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7992,20	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25917,0172	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	59	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	2,22	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	3,64	
Externo:	--	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	--	
	2,11 - 3,54	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	4,40	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	4,40	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	85,55	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,22	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	256,13	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	43,76	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	8340,47	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7831,34	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5051,37	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19354,0055	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	67	%

### Temperatura Interna

Min. (06:00 Ago 19):	24,06	°C
Média Anual:	36,64	°C
Máx. (16:00 Dez 13):	51,46	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2088	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	-	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	-	
	3,43 - 3,54	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	46240,81	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

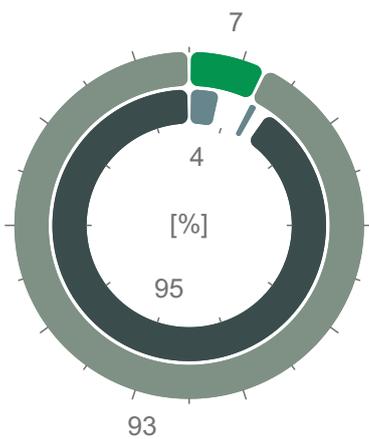
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	  Ar Externo	67	67	ND	0
Secundário	  Eletricidade	874	2624	459917	0
Total:		<b>942</b>	<b>2692</b>	<b>459917</b>	<b>0</b>

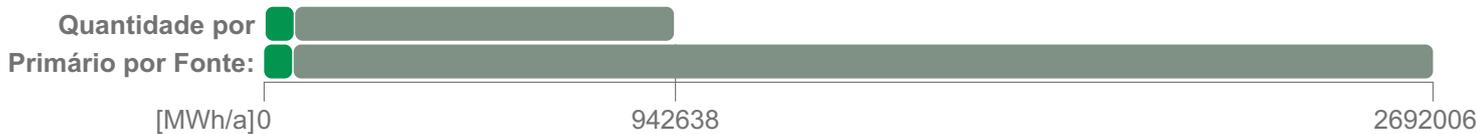
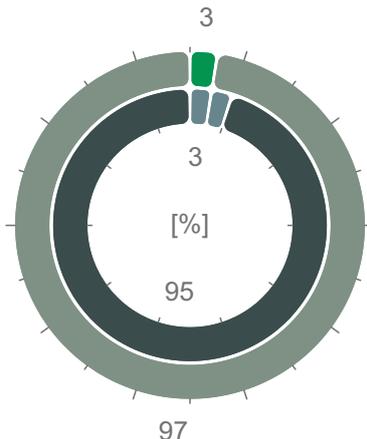
# Avaliação de Desempenho Energético

M09 Edifício Comercial - Vidro duplo colorido

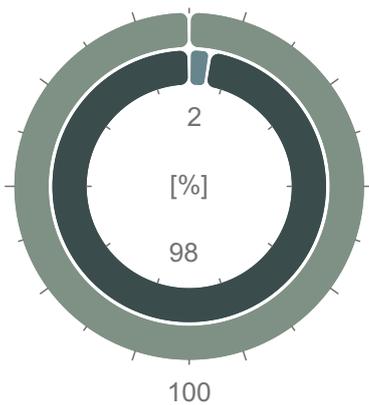
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



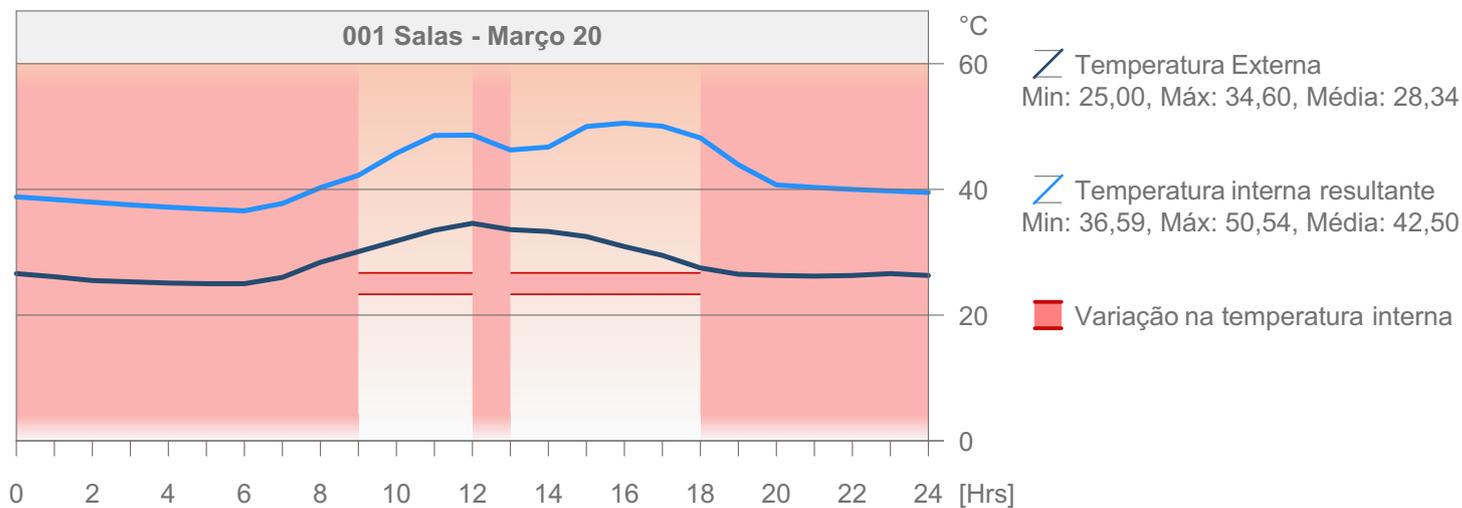
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

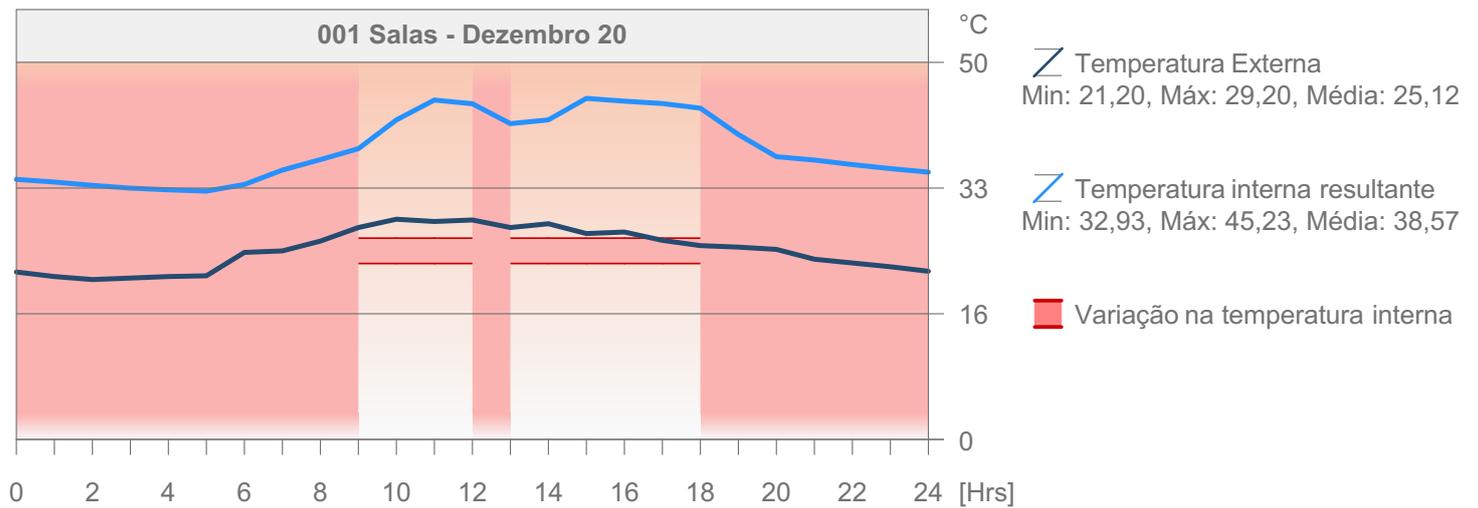
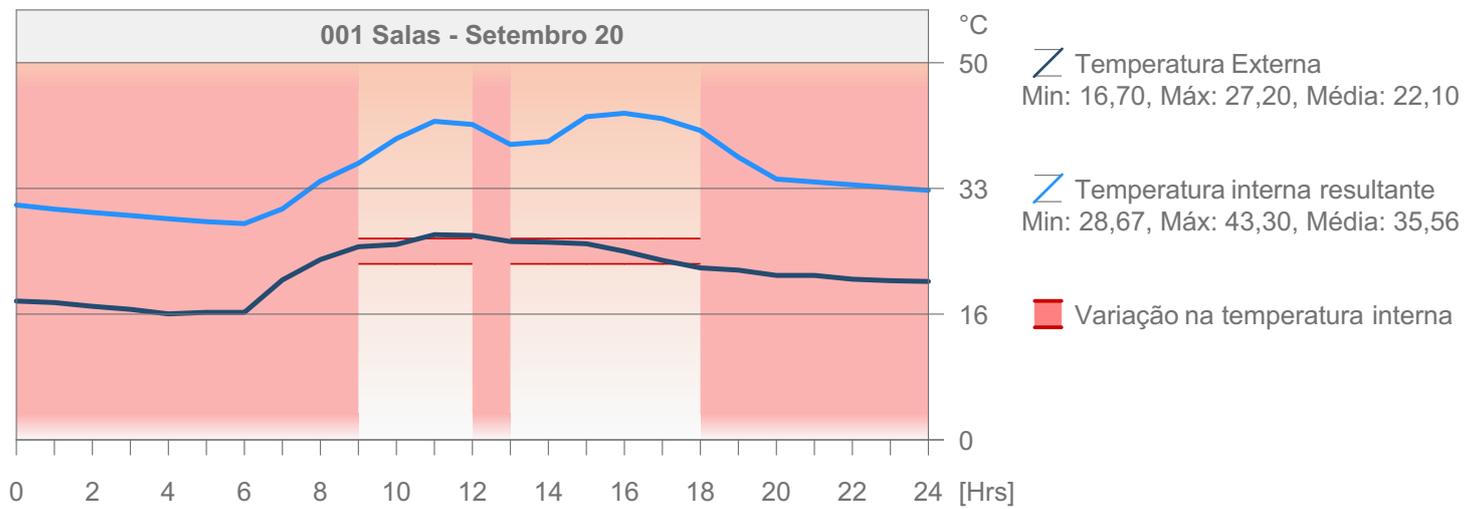
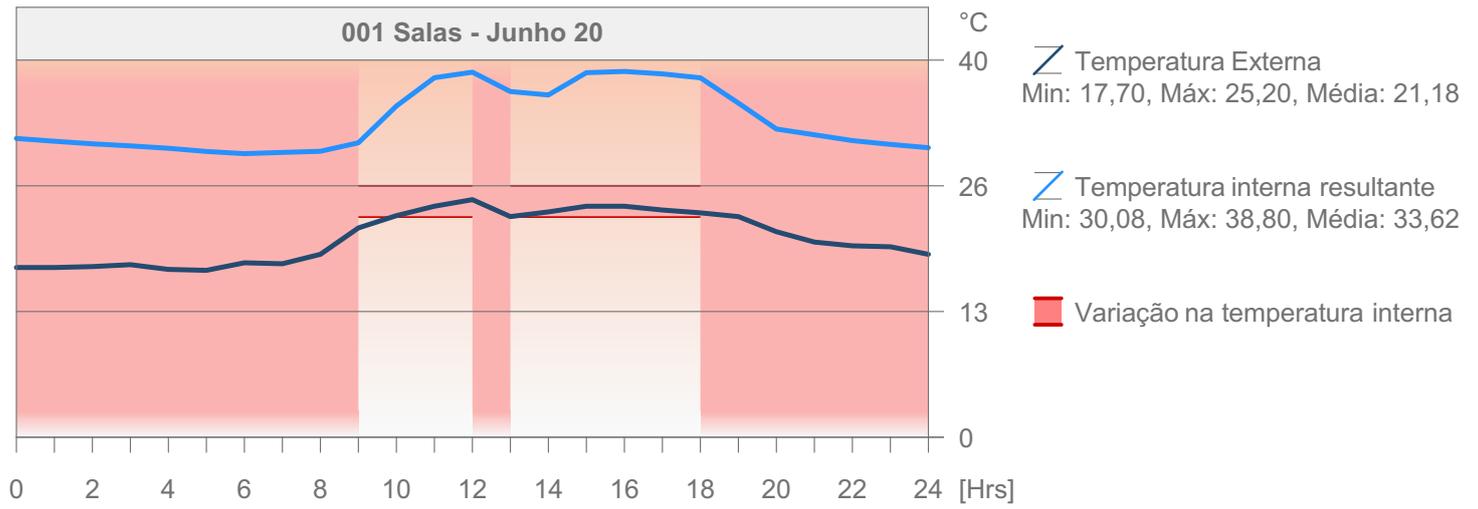
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M09 Edifício Comercial - Vidro duplo colorido



# Avaliação de Desempenho Energético

M10 Edifício Comercial - Ventilada + Porcelanato

## Valores Chave

<b>Dados de projeto gerais</b>		<b>Coefficientes de transferência</b>		Valor U	[W/m²K]
Nome do Projeto:	Edifício Comer...	Média do invólucro do edifício:	<b>3,32</b>		
Localização da Cidade:		Pavimentos:	--		
Latitude:	20° 18' 0" S	Externo:	<b>0,13 - 6,86</b>		
Longitude:	40° 17' 0" O	Subterrâneo:	--		
Altitude:	0,00 m	Aberturas:	<b>2,11 - 6,69</b>		
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw	<b>Valores Anuais Específicos</b>			
Data de Avaliação:	10/05/2020 12:55	Energia de aquecimento líquido:	<b>0,00</b>	kWh/m²a	
<b>Dados de geometria do edifício</b>		Energia de arrefecimento líquido:	<b>4,97</b>	kWh/m²a	
Área do Pavimento Bruta:	<b>10882,34</b> m²	Energia Total Bruta:	<b>4,97</b>	kWh/m²a	
Área de pavimento tratado:	<b>9783,90</b> m²	Consumo de Energia:	<b>79,50</b>	kWh/m²a	
Área de Envolvimento Externo:	<b>7219,22</b> m²	Consumo de Combustível:	<b>76,86</b>	kWh/m²a	
Volume Ventilado:	<b>25731,6689</b> m³	Energia primária:	<b>237,87</b>	kWh/m²a	
Proporção de envidraçado:	<b>22</b> %	Custo de combustível:	<b>40,41</b>	R\$/m²a	
<b>Dados de desempenho de invólucro do edifício</b>		Emissão CO <sub>2</sub> :	<b>0,00</b>	kg/m²a	
Infiltração a 50Pa:	<b>1,88</b> ACH	<b>Graus Dias</b>			
		Aquecimento (HDD):	<b>49,58</b>		
		Refrigeração (CDD):	<b>5550,80</b>		

## 001 Salas - Valores Chave

<b>Dados da geometria</b>		<b>Coefficientes de transferência</b>		Valor U	[W/m²K]
Área do Pavimento Bruta:	<b>8121,97</b> m²	Pavimentos:	-		
Área de pavimento tratado:	<b>7306,79</b> m²	Externo:	<b>0,13 - 6,86</b>		
Área de invólucro do edifício:	<b>5059,14</b> m²	Subterrâneo:	-		
Volume Ventilado:	<b>19216,8570</b> m³	Aberturas:	<b>6,67 - 6,69</b>		
Proporção de envidraçado:	<b>25</b> %	<b>Fornecimentos Anuais</b>			
<b>Temperatura Interna</b>		Aquecimento:	<b>0,00</b>	kWh	
Min. (06:00 Ago 19):	<b>23,33</b> °C	Refrigeração:	<b>48579,18</b>	kWh	
Média Anual:	<b>34,19</b> °C	<b>Picos de Cargas</b>			
Máx. (15:00 Nov 29):	<b>47,00</b> °C	Aquecimento (01:00 Jan 01):	<b>0,00</b>	kW	
<b>Horas de carga não atendidas</b>		Refrigeração (14:00 Jan 02):	<b>21,73</b>	kW	
Aquecimento:	<b>0</b> hrs/a				
Refrigeração:	<b>2088</b> hrs/a				

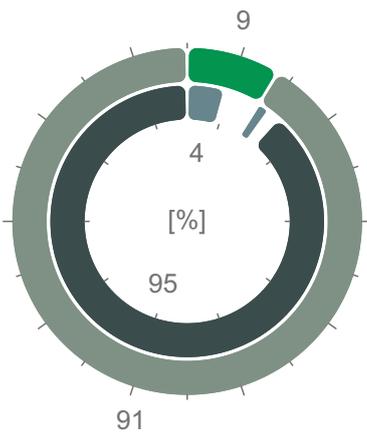
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	71	71	ND	0
Secundário	Eletricidade	751	2255	395401	0
Total:		<b>823</b>	<b>2327</b>	<b>395401</b>	<b>0</b>

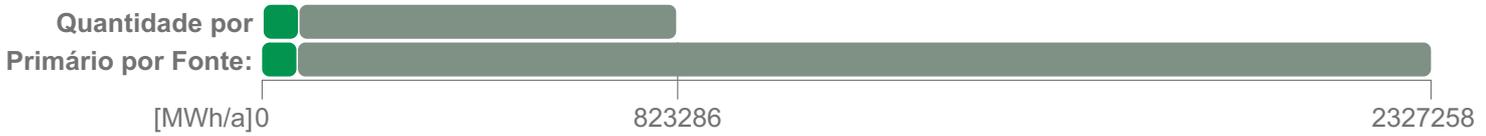
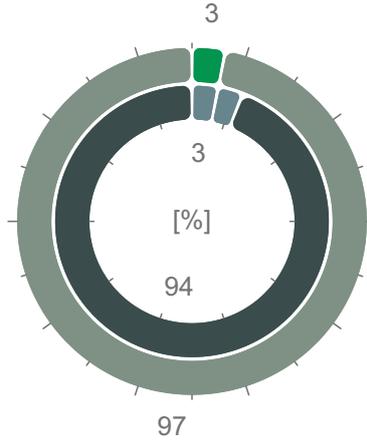
# Avaliação de Desempenho Energético

M10 Edifício Comercial - Ventilada + Porcelanato

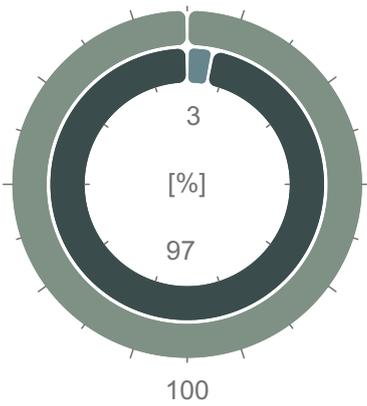
Quantidade de Energia



Energia primária



Custo de Energia



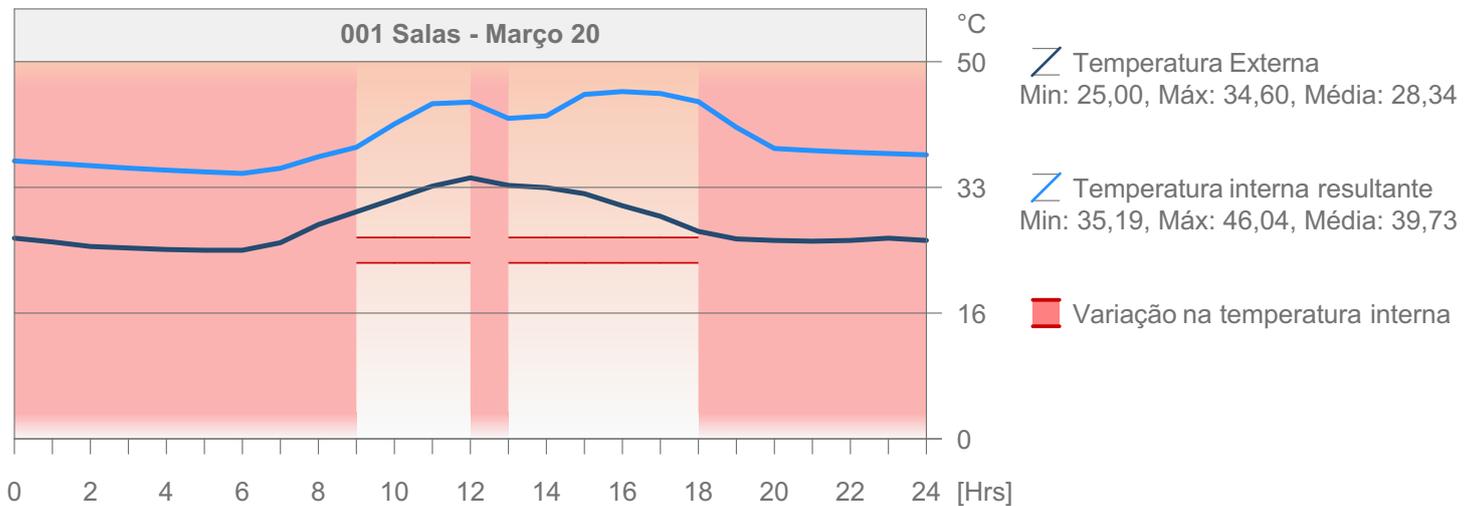
Emissão CO<sub>2</sub>



Metas Energéticas

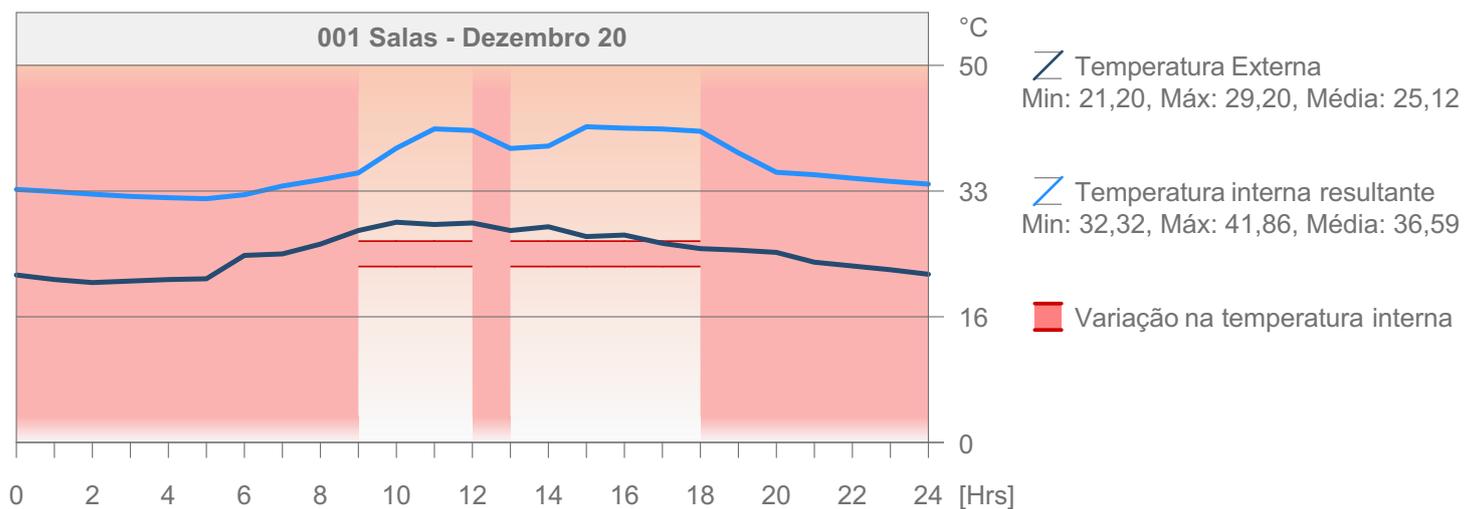
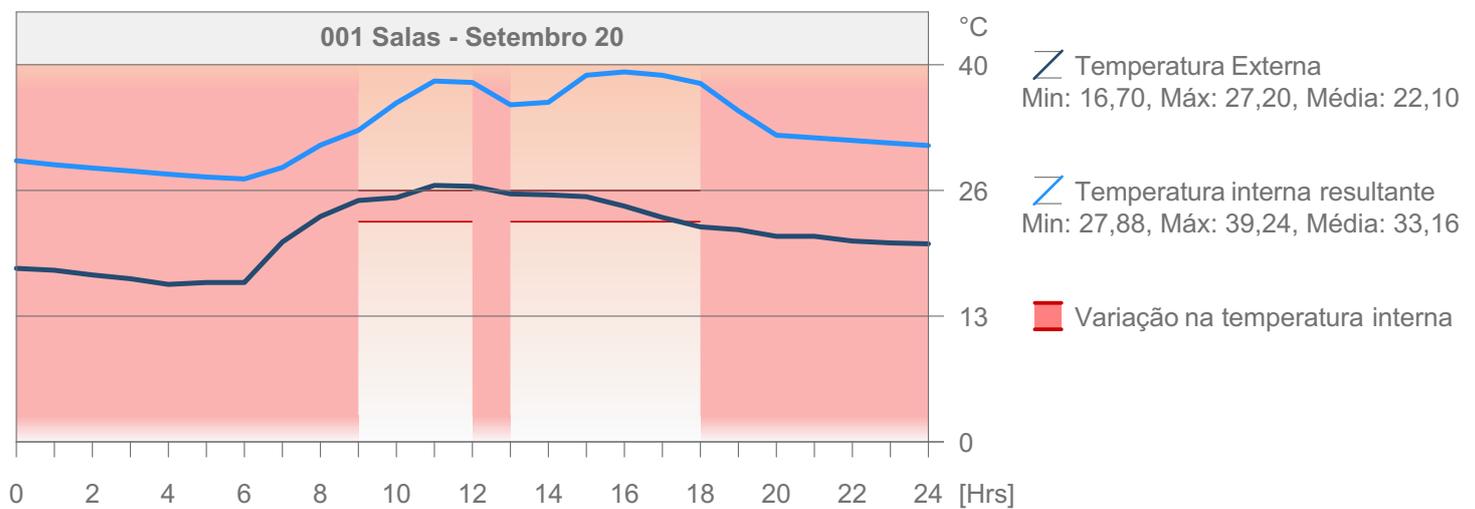
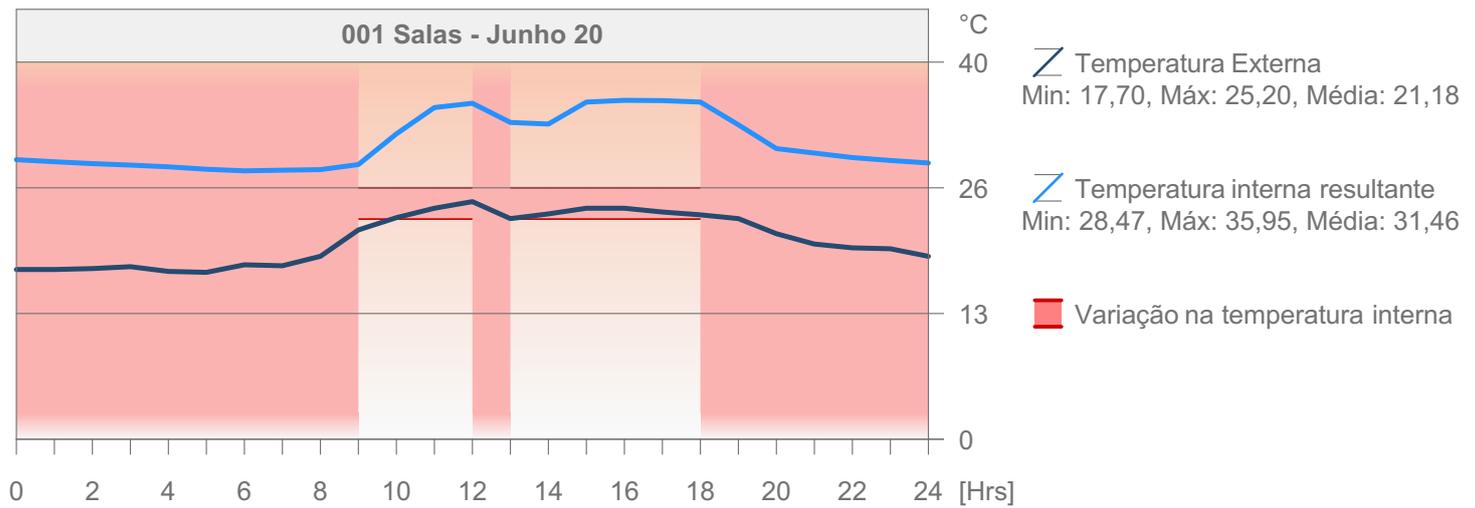
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M10 Edifício Comercial - Ventilada + Porcelanato



## APÊNDICE C

Relatórios das simulações dos 11 modelos da pesquisa emitidos pelo software EcoDesigner Star na orientação Norte-Sul.

# Avaliação de Desempenho Energético

M01 Edifício comercial - Alvenaria + Pintura

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício comerc...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 19' 0" S
Longitude:	40° 20' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	11/05/2020 12:23

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10546,27	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9793,49	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7096,76	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25756,8661	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	23	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,86	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Média do invólucro do edifício:	4,45
Pavimentos:	--
Externo:	2,41 - 6,86
Subterrâneo:	--
Aberturas:	2,11 - 6,68

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	7,22	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	7,22	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	88,55	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	84,63	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	264,40	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	44,50	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	7839,59	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7313,88	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5038,53	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19235,5017	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	25	%

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Ago 19):	21,18	°C
Média Anual:	31,19	°C
Máx. (15:00 Dez 27):	42,16	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2075	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	-
Externo:	2,41 - 6,86
Subterrâneo:	-
Aberturas:	6,67 - 6,68

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	70664,97	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

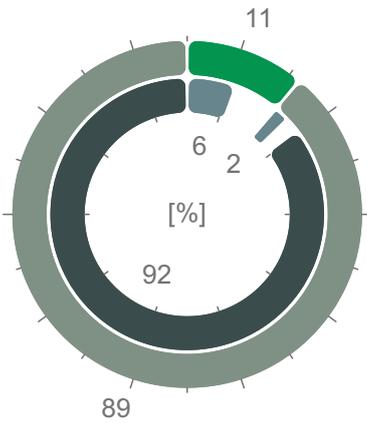
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	  Ar Externo	102	102	ND	0
Secundário	  Eletricidade	828	2486	435801	0
Total:		931	2589	435801	0

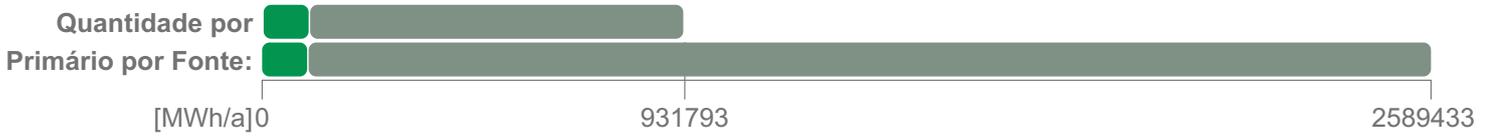
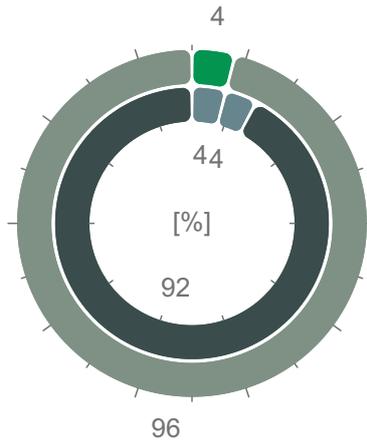
# Avaliação de Desempenho Energético

M01 Edifício comercial - Alvenaria + Pintura

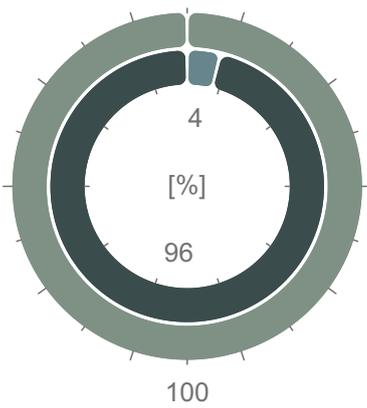
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



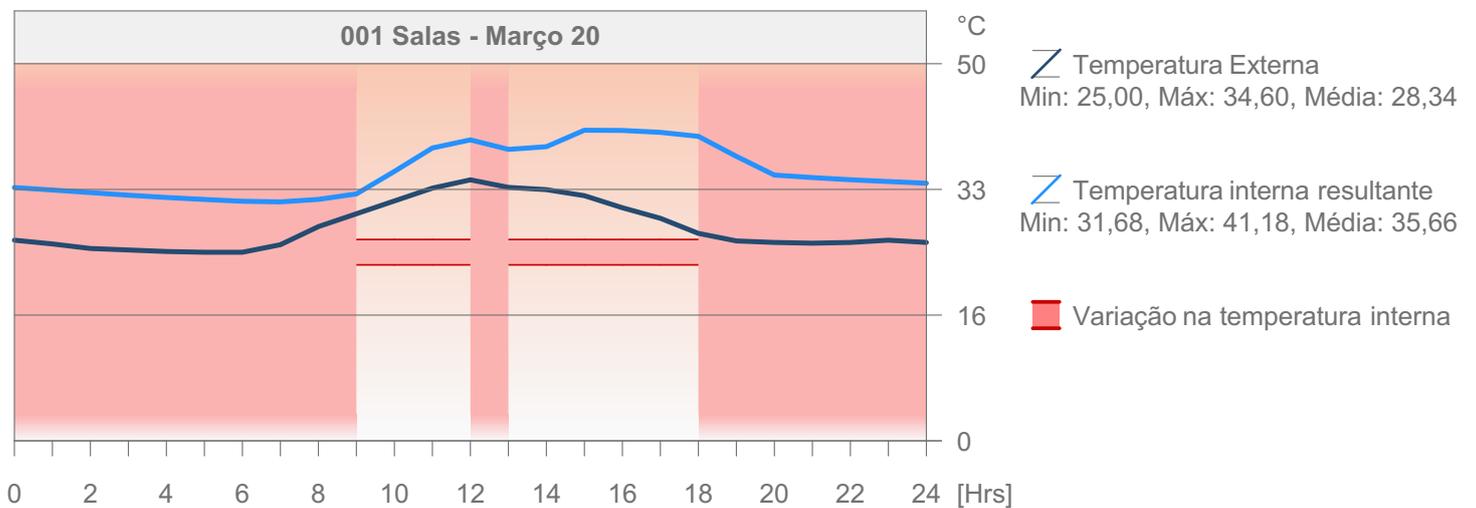
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

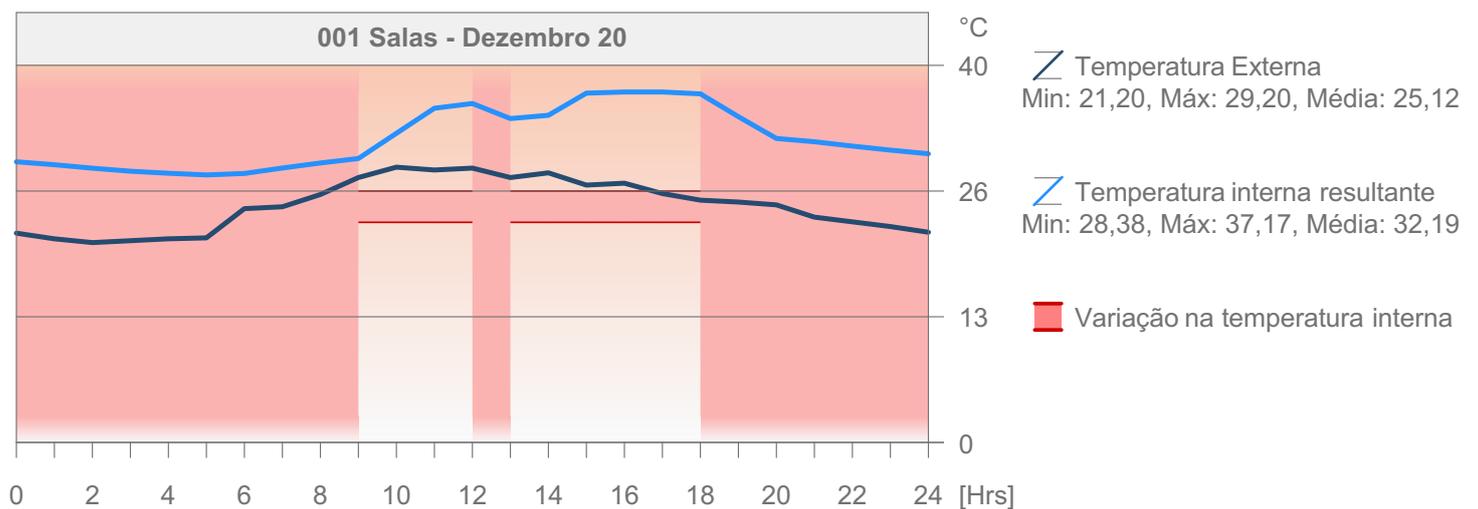
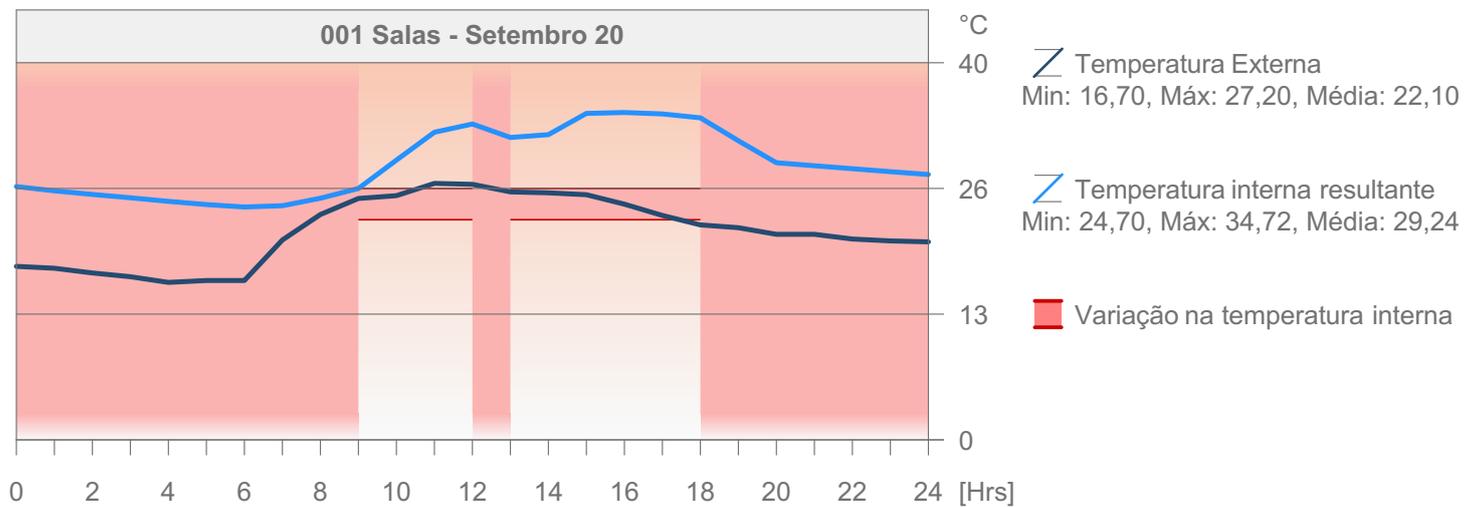
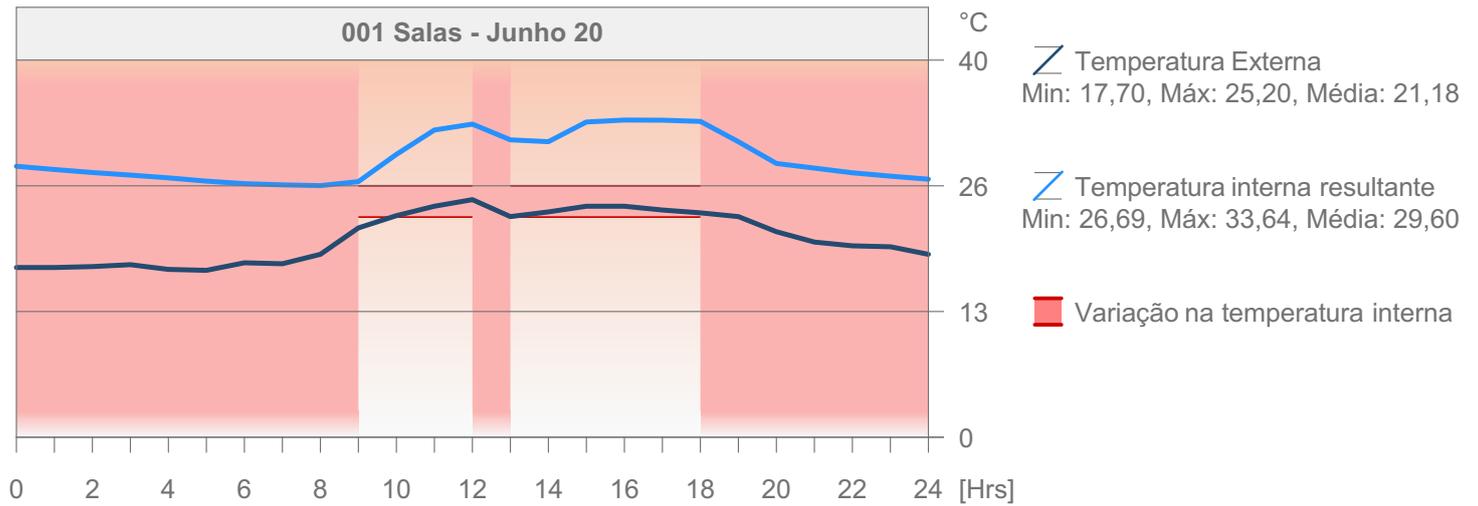
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M01 Edifício comercial - Alvenaria + Pintura



# Avaliação de Desempenho Energético

M02 Edifício Comercial - Alvenaria + Cerâmica

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	11/05/2020 12:33

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10574,74	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9791,66	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7223,92	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25752,0642	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	22	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,88	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	4,38	
Externo:	--	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	--	
	2,11 - 6,68	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	6,84	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	6,84	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	88,17	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	84,46	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	263,36	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	44,41	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	7859,89	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7312,38	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5063,44	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19231,5515	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	25	%

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Ago 19):	21,39	°C
Média Anual:	31,39	°C
Máx. (15:00 Dez 27):	42,29	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2078	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	-	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	-	
	6,67 - 6,68	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	66954,28	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

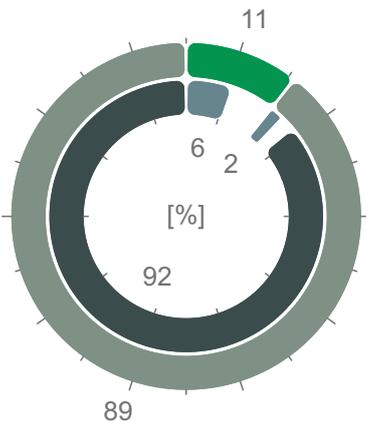
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	97	97	ND	0
Secundário	Eletricidade	827	2481	434867	0
Total:		924	2578	434867	0

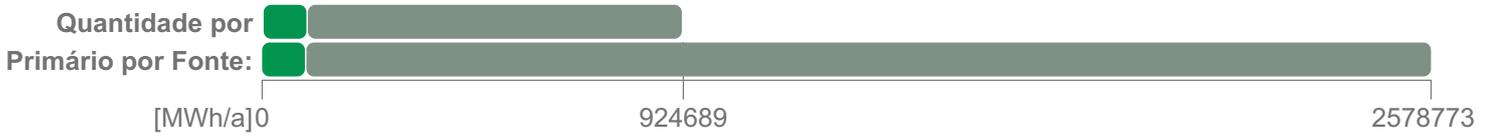
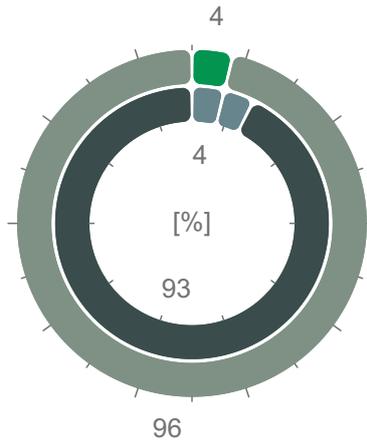
# Avaliação de Desempenho Energético

M02 Edifício Comercial - Alvenaria + Cerâmica

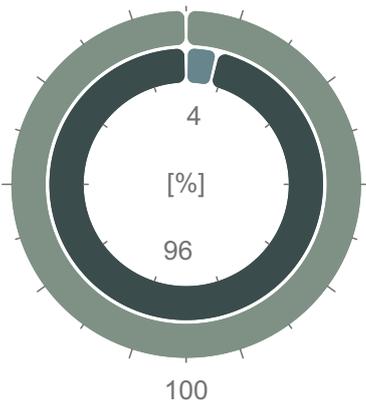
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



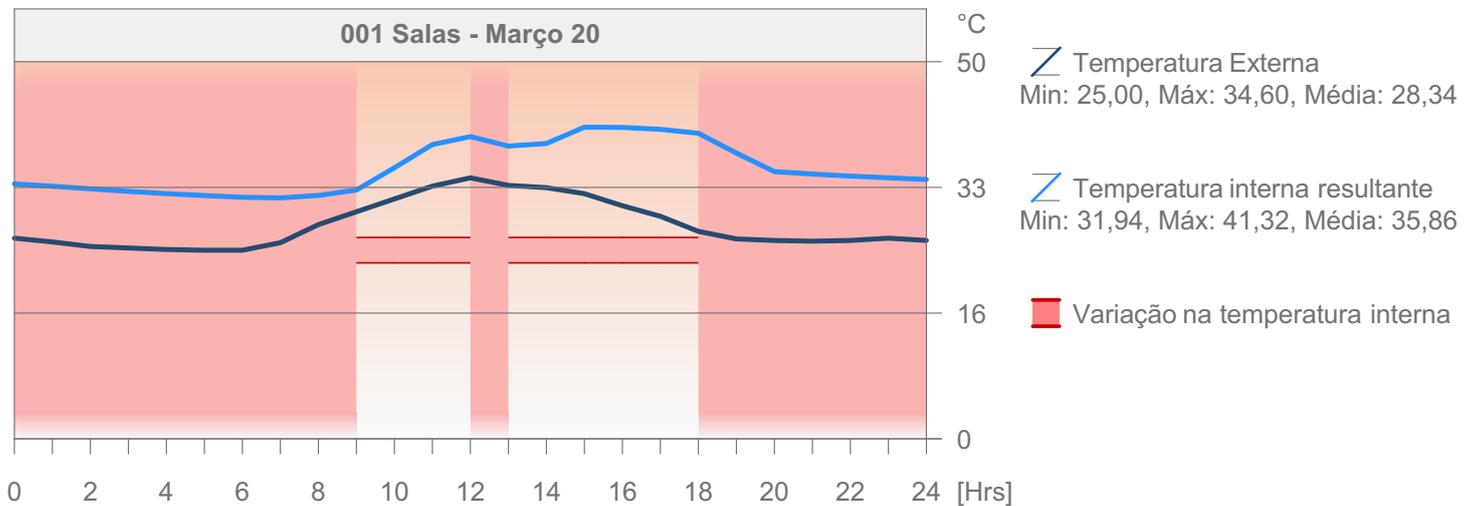
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

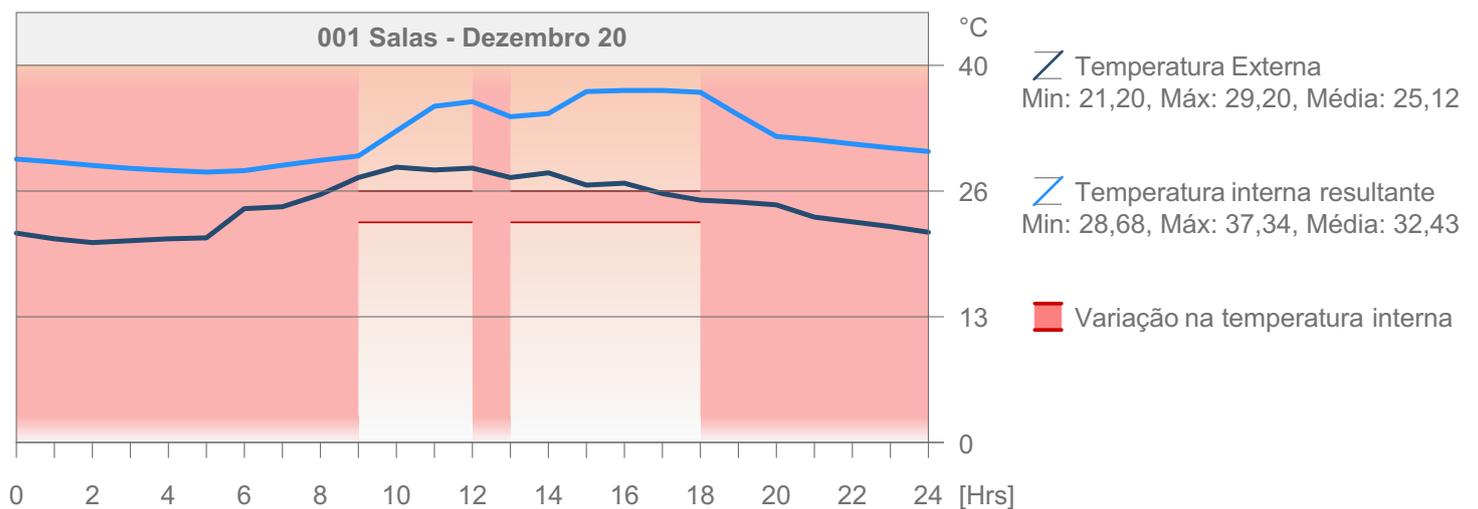
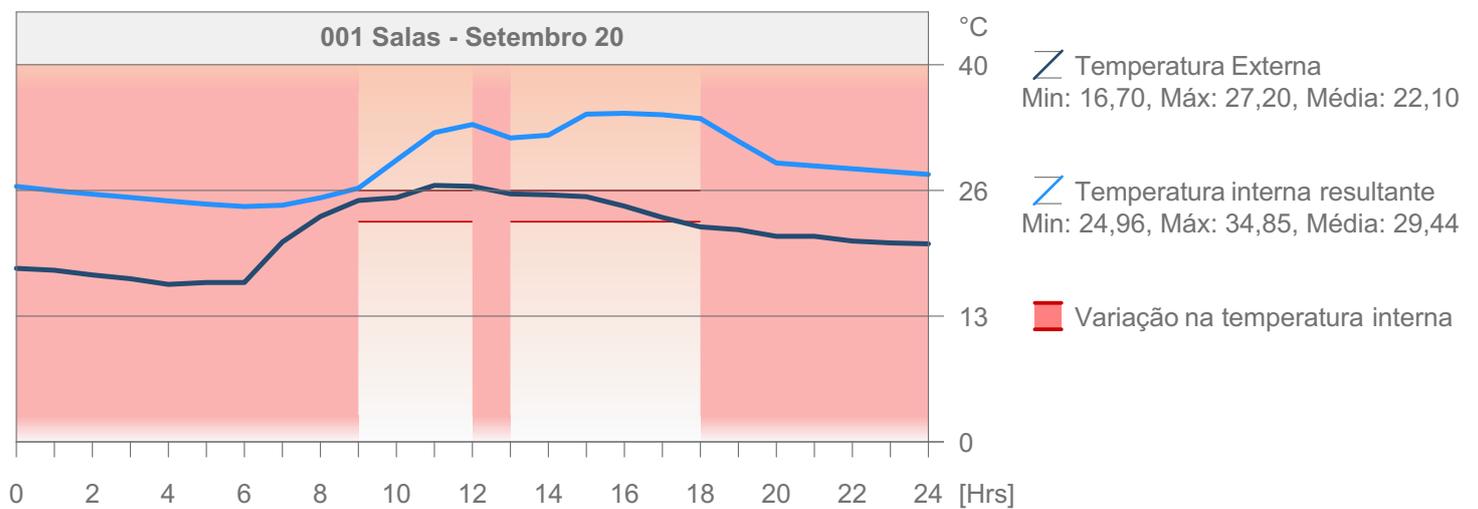
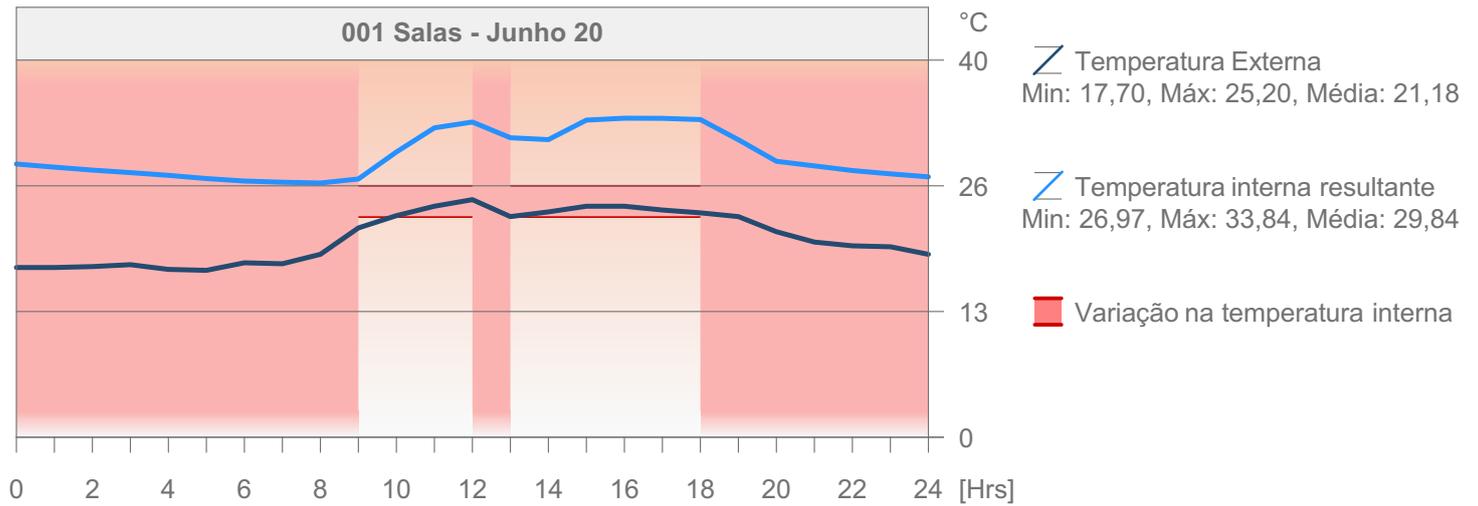
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M02 Edifício Comercial - Alvenaria + Cerâmica



# Avaliação de Desempenho Energético

M03 Edifício Comercial - Alvenaria + Placas de Rochas

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	11/05/2020 12:55

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10650,60	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9778,60	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7220,31	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25717,7179	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	22	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,88	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	3,43	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	--		
Externo:	0,45 - 6,86		
Subterrâneo:	--		
Aberturas:	2,11 - 6,68		

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	4,95	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	4,95	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	86,28	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,65	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	258,21	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	43,98	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	7926,04	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7302,86	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5060,50	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19206,5340	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	25	%

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Ago 20):	23,66	°C
Média Anual:	33,33	°C
Máx. (15:00 Dez 27):	44,08	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2088	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	-	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	0,45 - 6,86		
Subterrâneo:	-		
Aberturas:	6,67 - 6,68		

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	48402,68	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

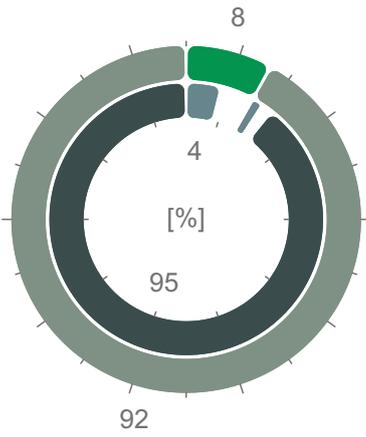
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	71	71	ND	0
Secundário	Eletricidade	817	2453	430097	0
Total:		889	2524	430097	0

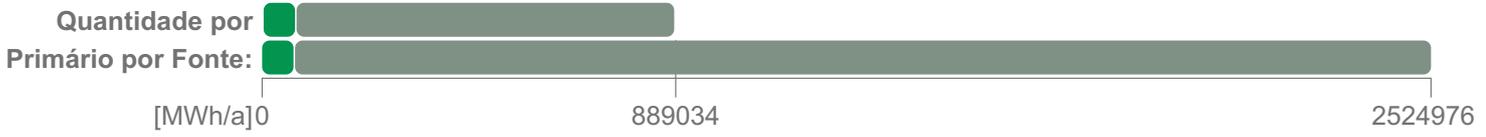
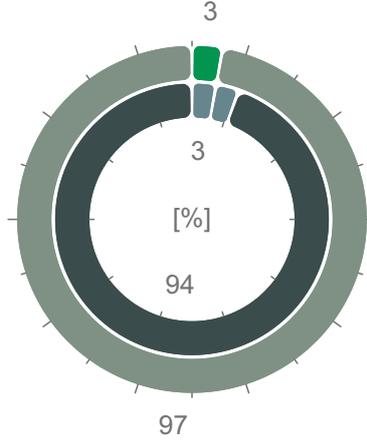
# Avaliação de Desempenho Energético

M03 Edifício Comercial - Alvenaria + Placas de Rochas

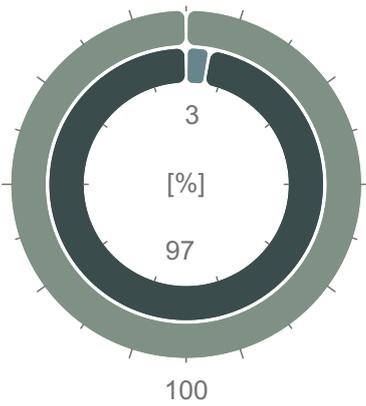
Quantidade de Energia



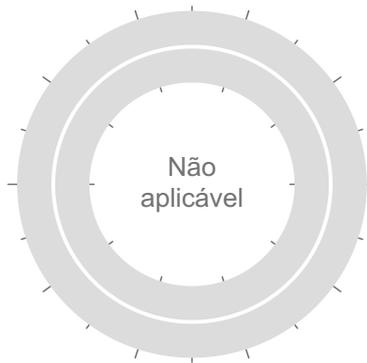
Energia primária



Custo de Energia



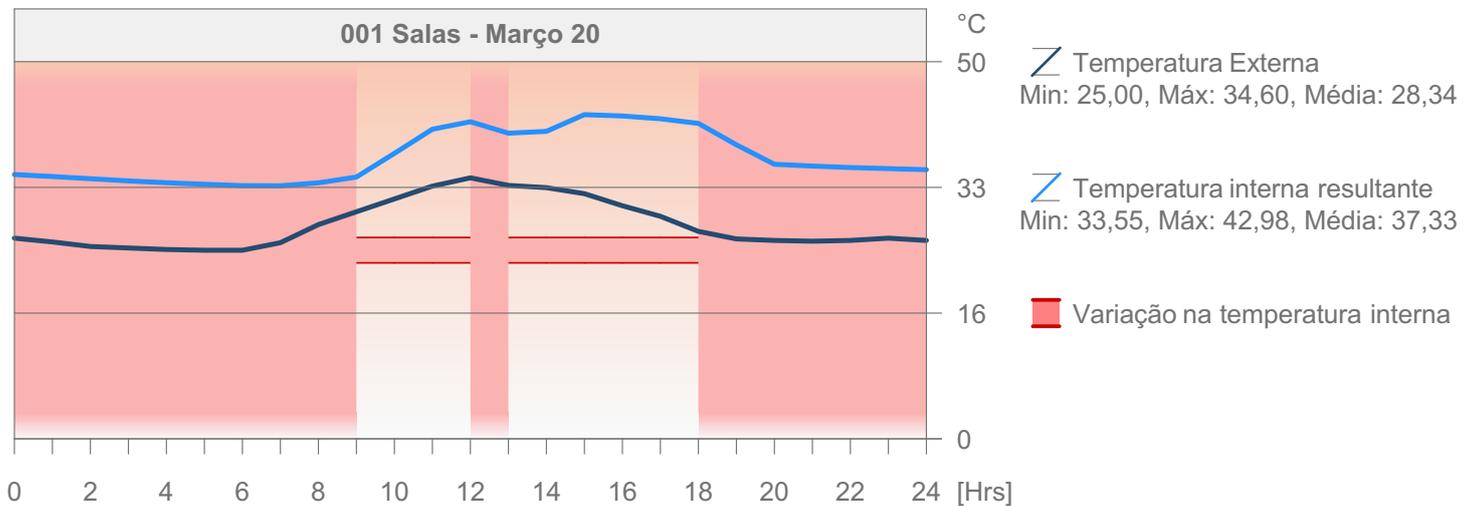
Emissão CO<sub>2</sub>



Metas Energéticas

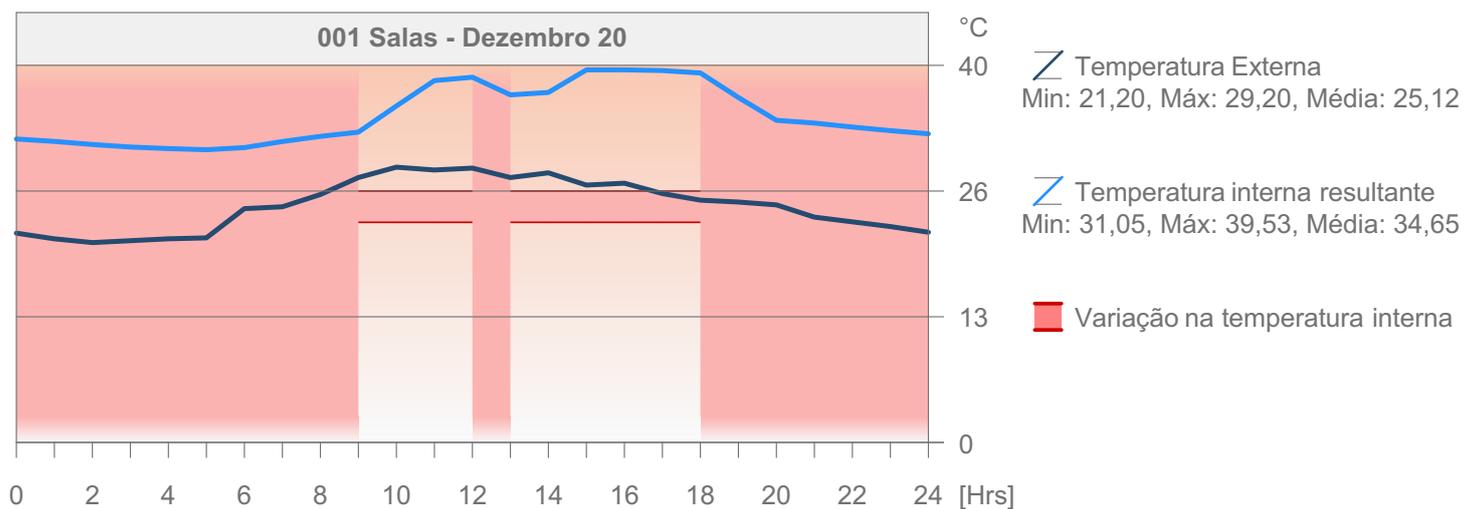
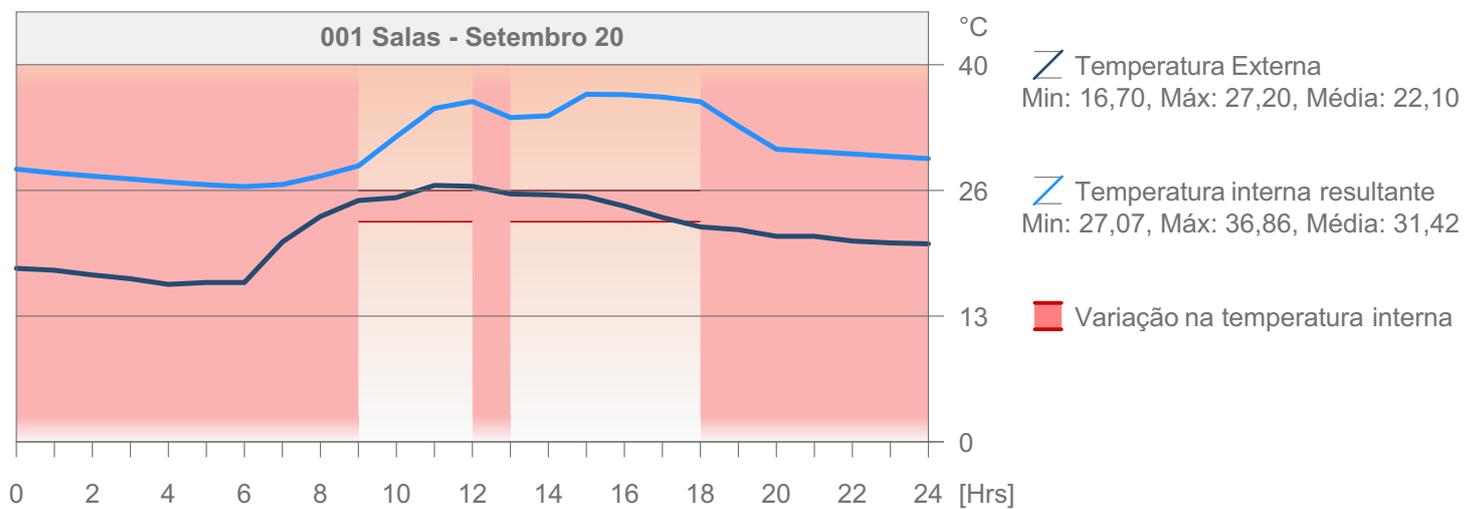
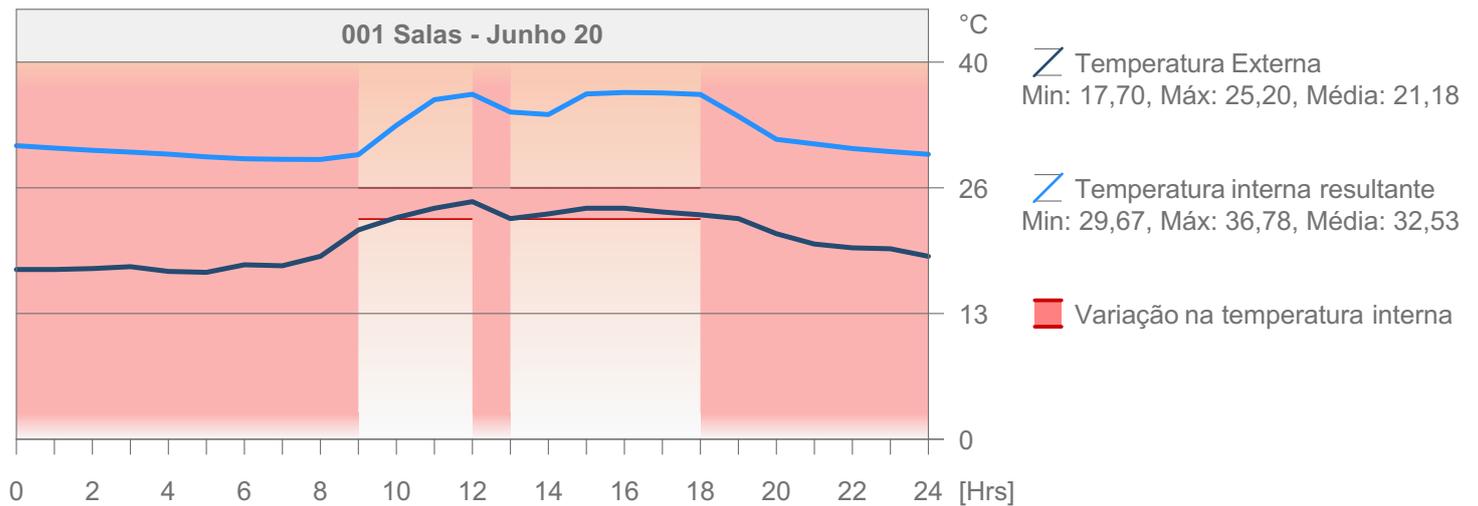
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M03 Edifício Comercial - Alvenaria + Placas de Rochas



# Avaliação de Desempenho Energético

M04 Edifício Comercial - Alvenaria + ACM

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	11/05/2020 14:20

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10624,23	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9783,90	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7221,79	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25731,6689	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	22	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,88	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	3,43	
Externo:	--	
Subterrâneo:	0,45 - 6,86	
Aberturas:	--	
	2,11 - 6,68	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	4,95	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	4,95	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	86,28	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,65	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	258,21	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	43,98	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	7903,00	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7306,79	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5061,71	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19216,8570	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	25	%

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Ago 20):	23,66	°C
Média Anual:	33,33	°C
Máx. (15:00 Dez 27):	44,08	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2088	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	-	
Subterrâneo:	0,45 - 6,86	
Aberturas:	-	
	6,67 - 6,68	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	48410,13	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

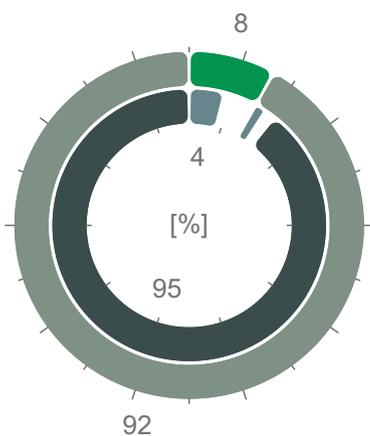
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	71	71	ND	0
Secundário	Eletricidade	818	2455	430324	0
Total:		889	2526	430324	0

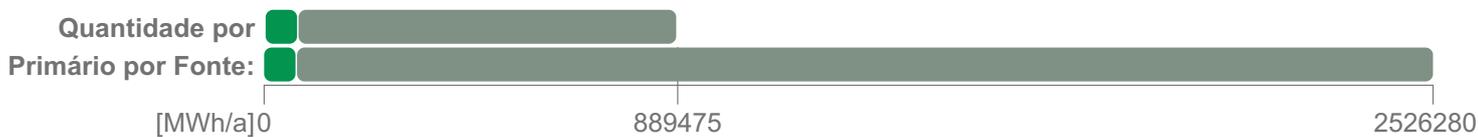
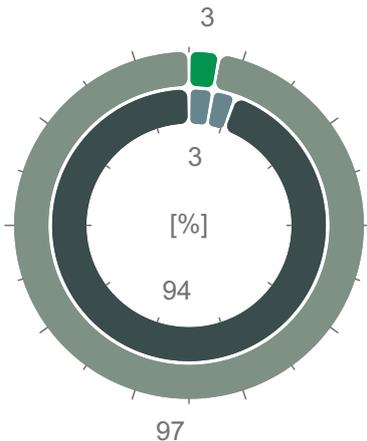
# Avaliação de Desempenho Energético

M04 Edifício Comercial - Alvenaria + ACM

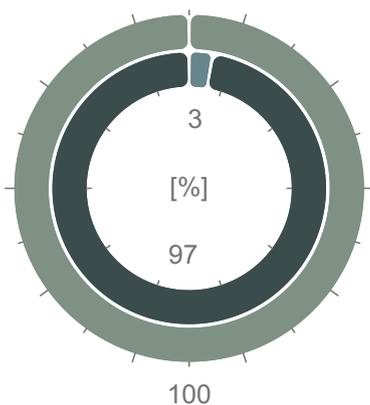
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



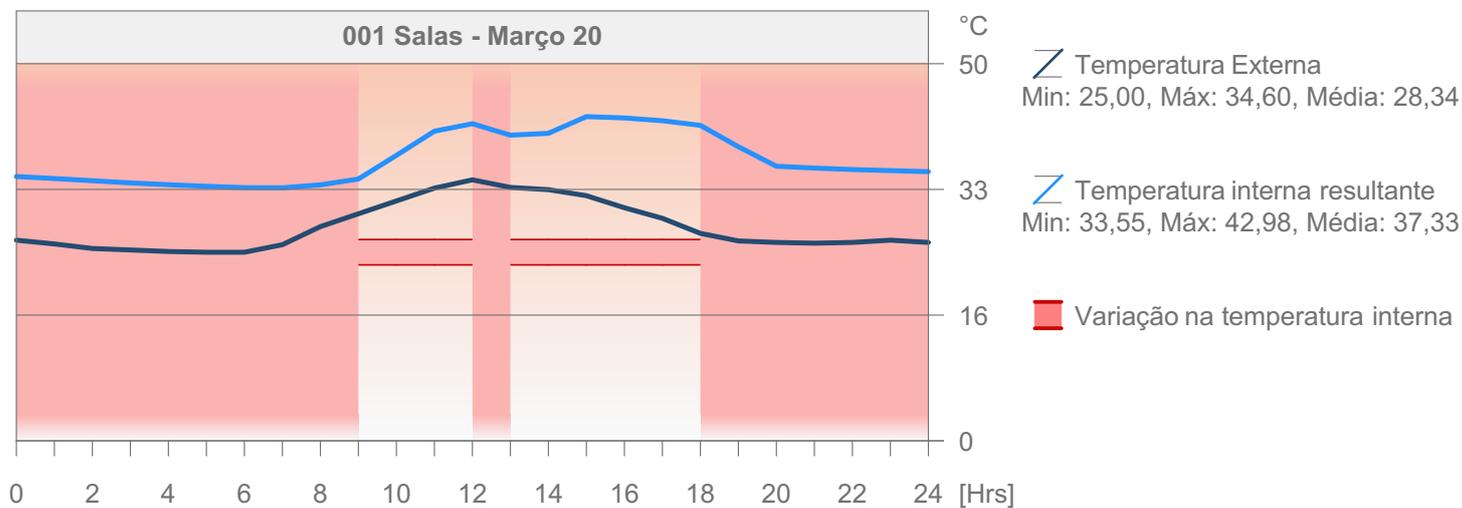
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

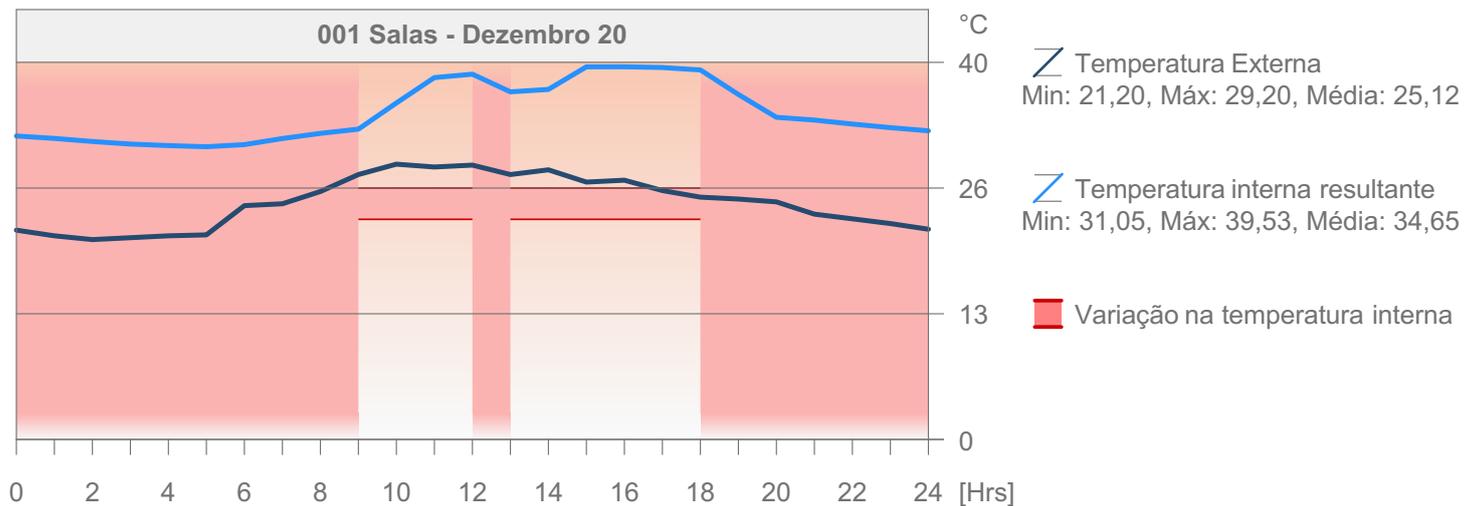
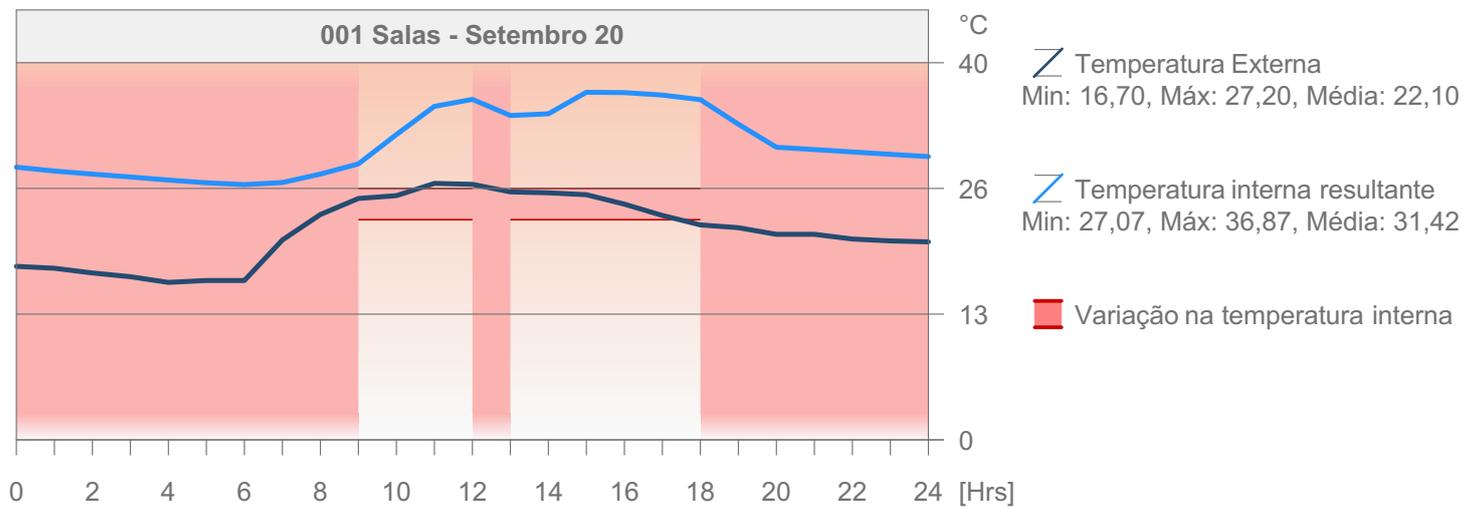
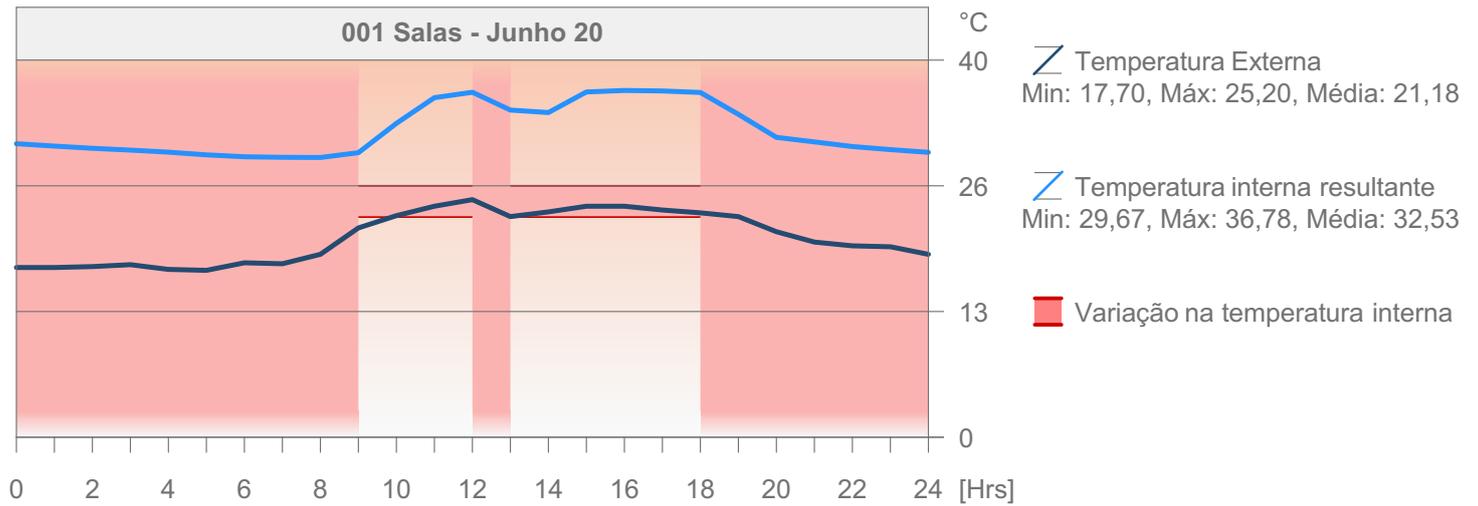
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M04 Edifício Comercial - Alvenaria + ACM



# Avaliação de Desempenho Energético

M05 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	11/05/2020 14:28

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10559,07	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9824,79	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7467,59	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25839,2094	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	22	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,91	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	--	
Externo:	0,27 - 6,86	
Subterrâneo:	--	
Aberturas:	2,11 - 6,68	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	5,33	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	5,33	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	80,10	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	77,25	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	239,56	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	40,62	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	7870,29	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7360,04	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5306,98	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19356,8959	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	24	%

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Ago 19):	22,65	°C
Média Anual:	32,97	°C
Máx. (15:00 Dez 27):	44,53	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2087	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	0,27 - 6,86	
Subterrâneo:	-	
Aberturas:	2,11 - 6,68	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	52340,08	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

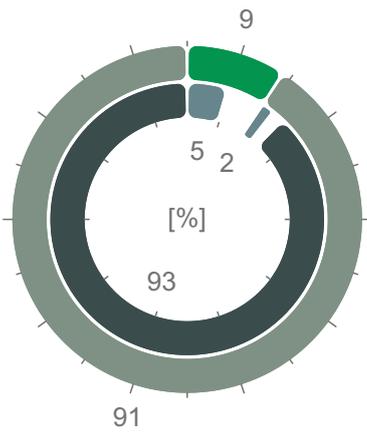
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	76	76	ND	0
Secundário	Eletricidade	758	2276	399067	0
Total:		<b>835</b>	<b>2353</b>	<b>399067</b>	<b>0</b>

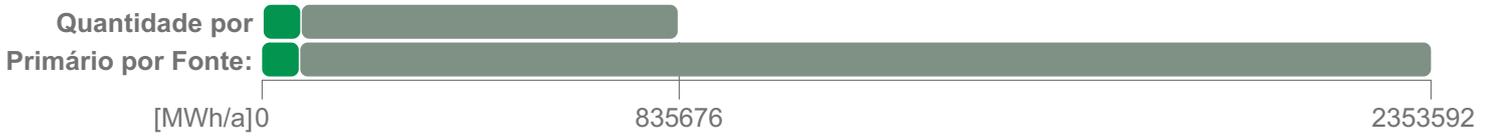
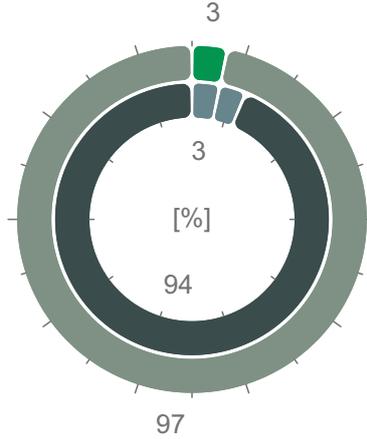
# Avaliação de Desempenho Energético

M05 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento

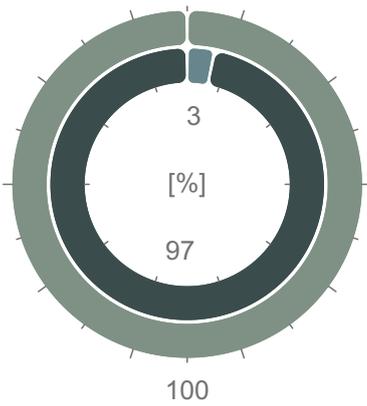
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



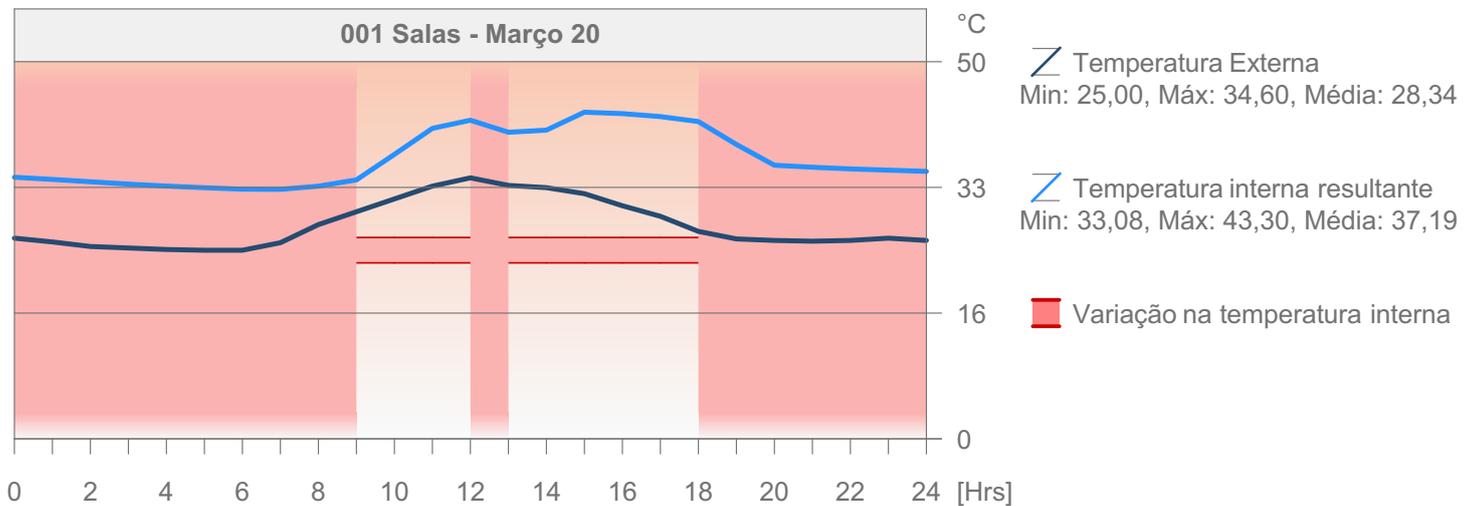
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

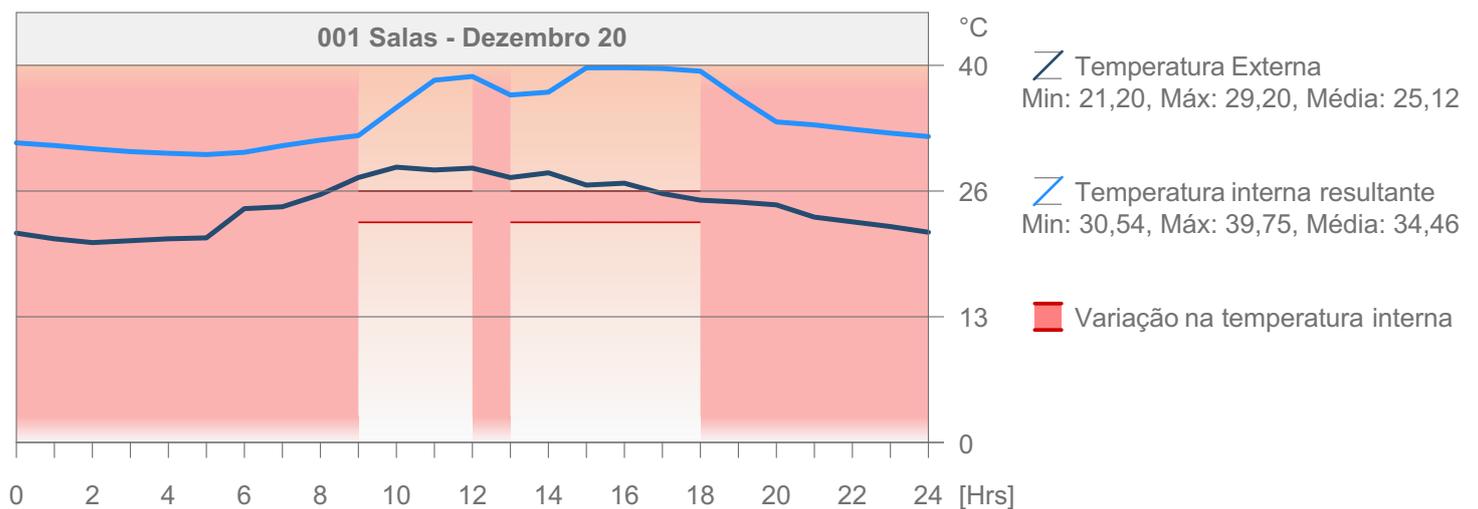
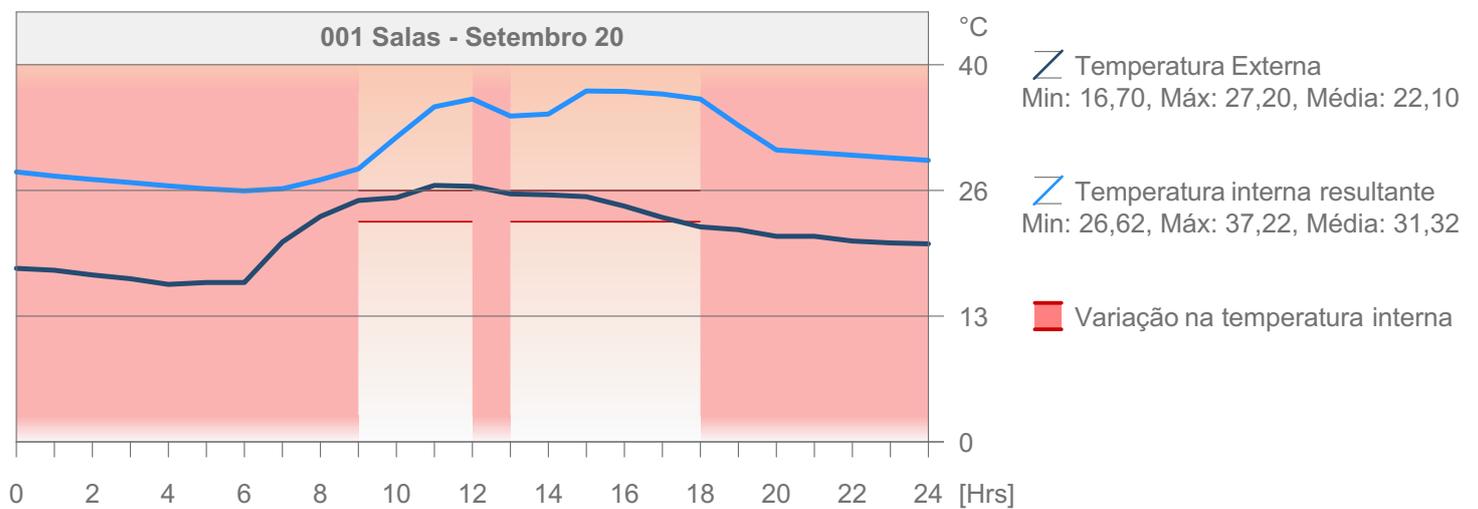
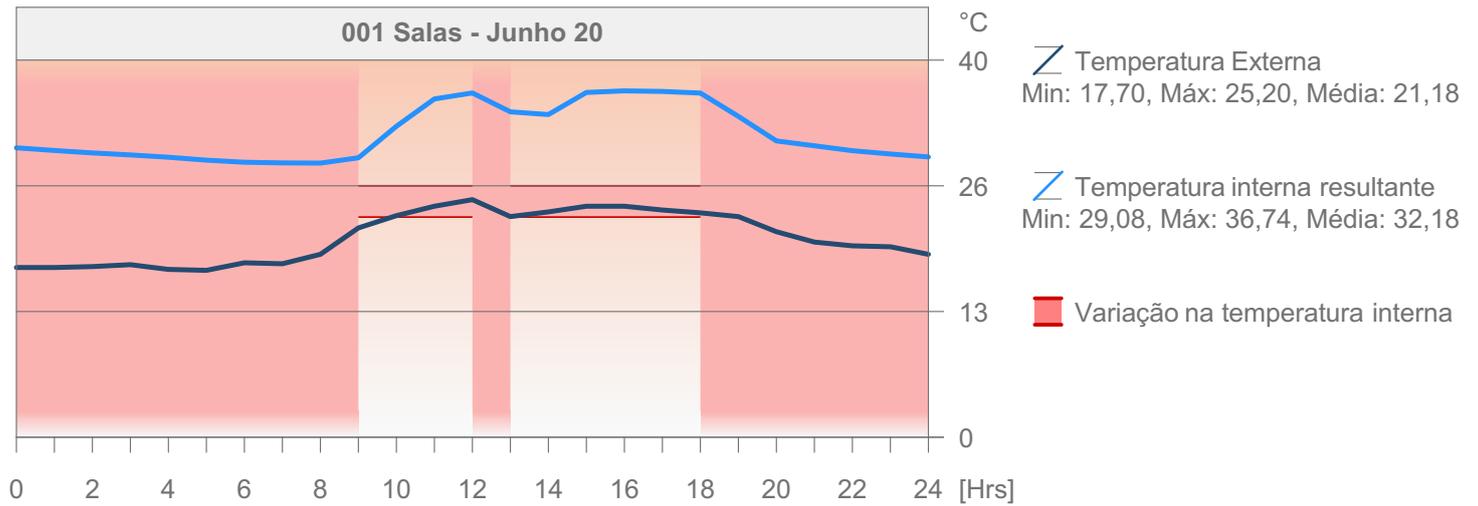
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M05 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento



# Avaliação de Desempenho Energético

M05.2 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento + isolante

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	11/05/2020 15:44

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m²K]
Pavimentos:	--	
Externo:	<b>0,45 - 6,86</b>	
Subterrâneo:	--	
Aberturas:	<b>2,11 - 6,68</b>	

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	<b>10583,14</b>	m²
Área de pavimento tratado:	<b>9838,09</b>	m²
Área de Envolvimento Externo:	<b>7784,41</b>	m²
Volume Ventilado:	<b>25874,1850</b>	m³
Proporção de envidraçado:	<b>21</b>	%

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	<b>0,00</b>	kWh/m²a
Energia de arrefecimento líquido:	<b>5,37</b>	kWh/m²a
Energia Total Bruta:	<b>5,37</b>	kWh/m²a
Consumo de Energia:	<b>86,94</b>	kWh/m²a
Consumo de Combustível:	<b>84,07</b>	kWh/m²a
Energia primária:	<b>260,09</b>	kWh/m²a
Custo de combustível:	<b>44,21</b>	R\$/m²a
Emissão CO <sub>2</sub> :	<b>0,00</b>	kg/m²a

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	<b>1,95</b>	ACH
---------------------	-------------	-----

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	<b>49,58</b>
Refrigeração (CDD):	<b>5550,80</b>

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	<b>7889,35</b>	m²
Área de pavimento tratado:	<b>7370,73</b>	m²
Área de invólucro do edifício:	<b>5559,13</b>	m²
Volume Ventilado:	<b>19385,0297</b>	m³
Proporção de envidraçado:	<b>23</b>	%

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	-	Valor U	[W/m²K]
Externo:	<b>0,45 - 6,86</b>		
Subterrâneo:	-		
Aberturas:	<b>2,11 - 6,68</b>		

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Ago 20):	<b>22,61</b>	°C
Média Anual:	<b>32,61</b>	°C
Máx. (15:00 Dez 27):	<b>43,81</b>	°C

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	<b>0,00</b>	kWh
Refrigeração:	<b>52791,82</b>	kWh

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	<b>0</b>	hrs/a
Refrigeração:	<b>2086</b>	hrs/a

### Picos de Cargas

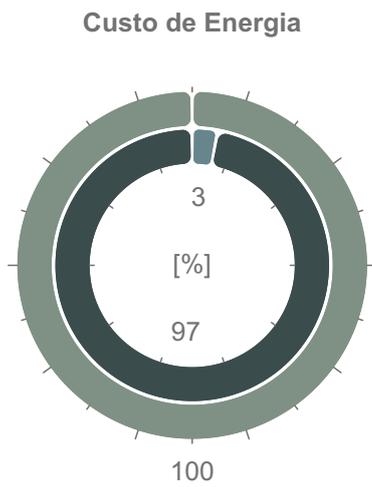
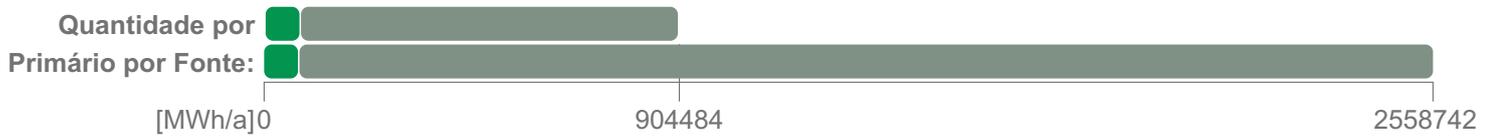
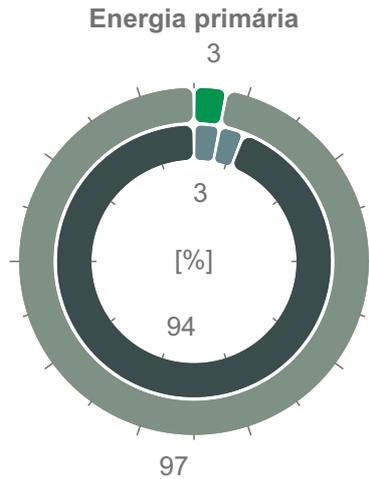
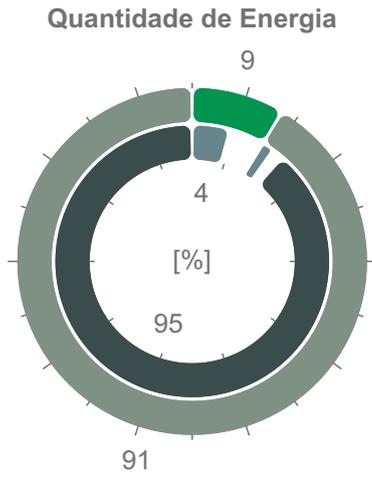
Aquecimento (01:00 Jan 01):	<b>0,00</b>	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	<b>21,73</b>	kW

## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	77	77	ND	0
Secundário	Eletricidade	827	2481	434912	0
Total:		<b>904</b>	<b>2558</b>	<b>434912</b>	<b>0</b>

# Avaliação de Desempenho Energético

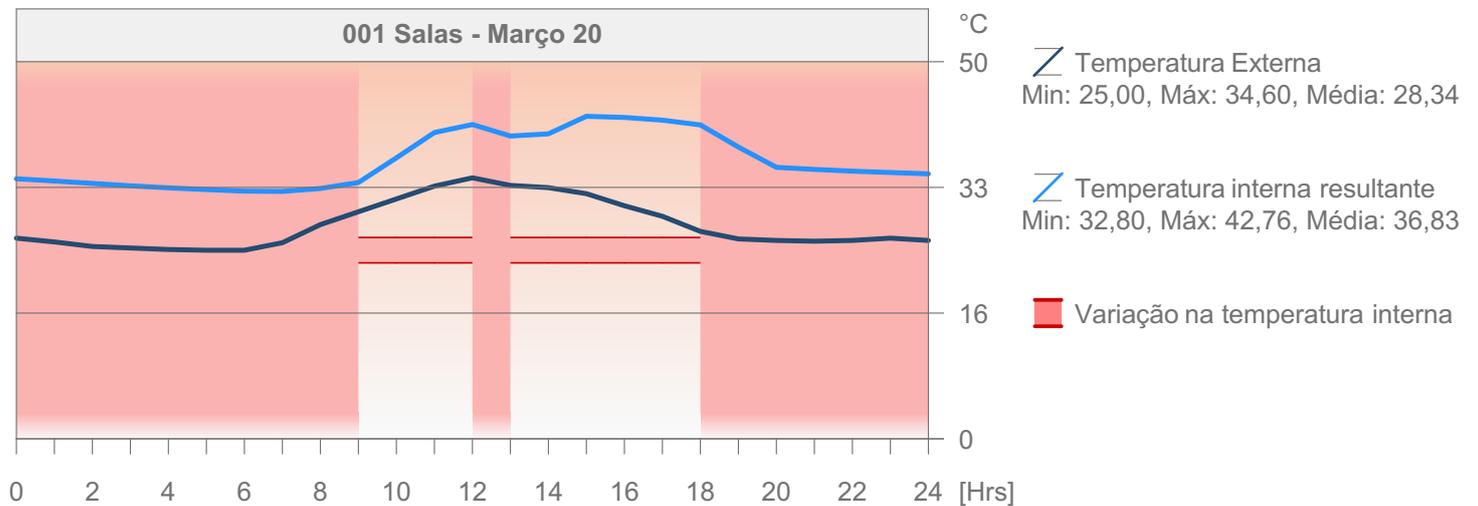
M05.2 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento + isolante



### Metas Energéticas

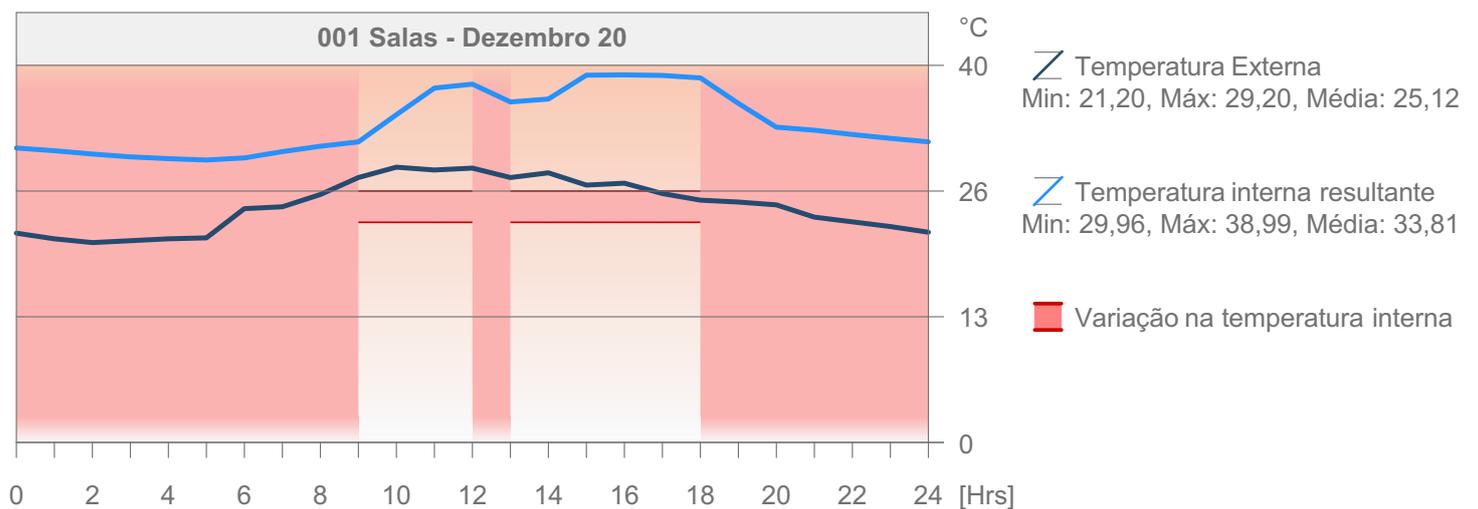
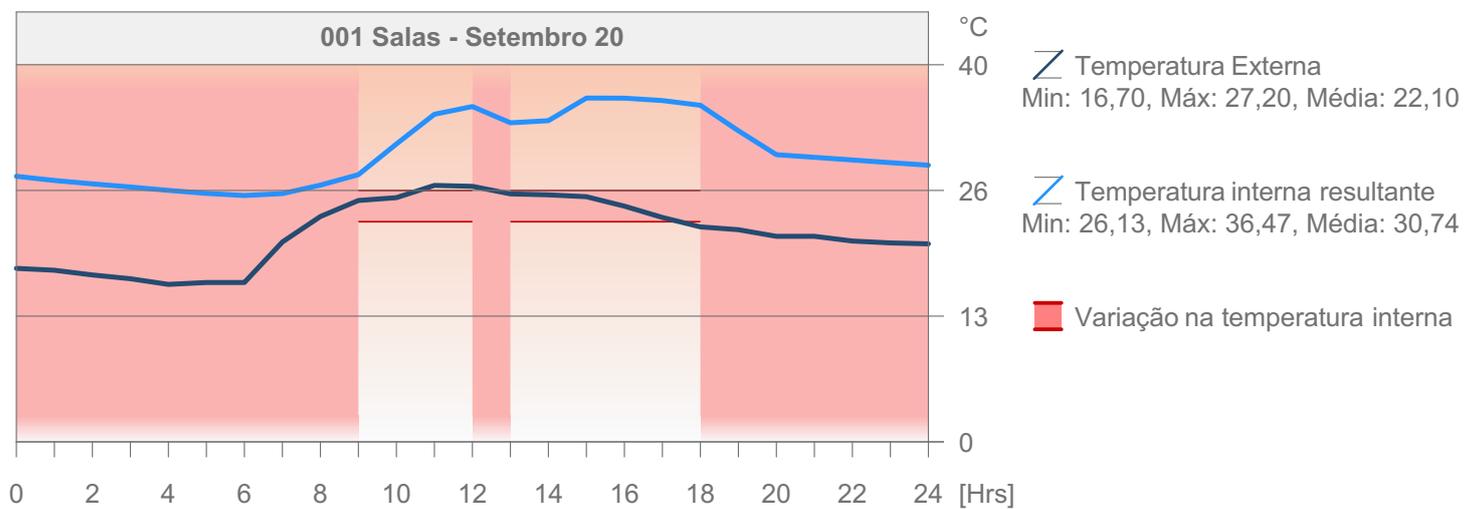
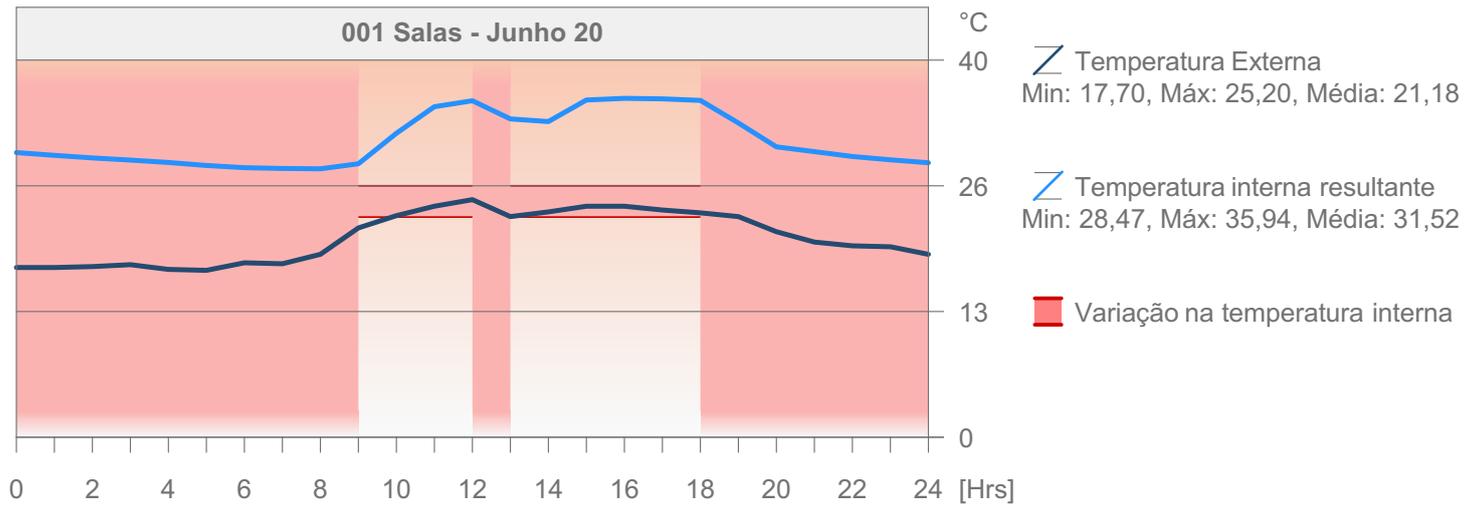
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M05.2 Edifício Comercial - Light Steel Frame - gesso + fibrocimento + isolante



# Avaliação de Desempenho Energético

M06 Edifício Comercial - Vidro simples incolor

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	11/05/2020 15:56

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	11286,62	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	10510,51	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7992,20	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25917,0172	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	59	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	2,22	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	5,42	
Externo:	--	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	--	
	2,11 - 6,37	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	4,83	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	4,83	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	85,98	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,40	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	257,29	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	43,85	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	8340,47	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7831,34	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5051,37	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19354,0055	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	67	%

### Temperatura Interna

Min. (06:00 Ago 19):	22,13	°C
Média Anual:	33,95	°C
Máx. (15:00 Abr 04):	47,24	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2087	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	-	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	-	
	6,28 - 6,37	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	50755,07	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

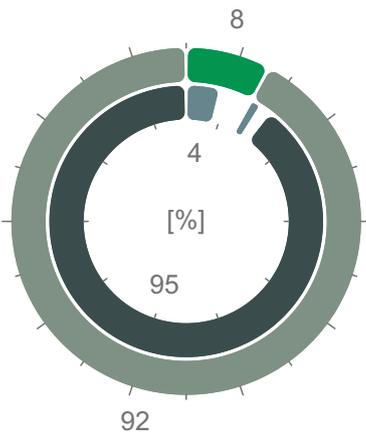
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	  Ar Externo	74	74	ND	0
Secundário	  Eletricidade	876	2629	460931	0
Total:		951	2704	460931	0

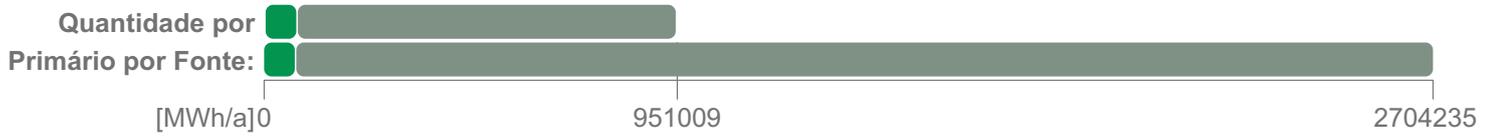
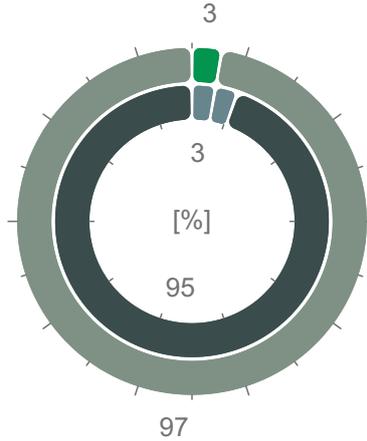
# Avaliação de Desempenho Energético

M06 Edifício Comercial - Vidro simples incolor

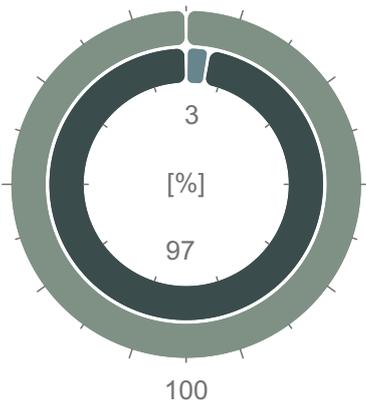
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



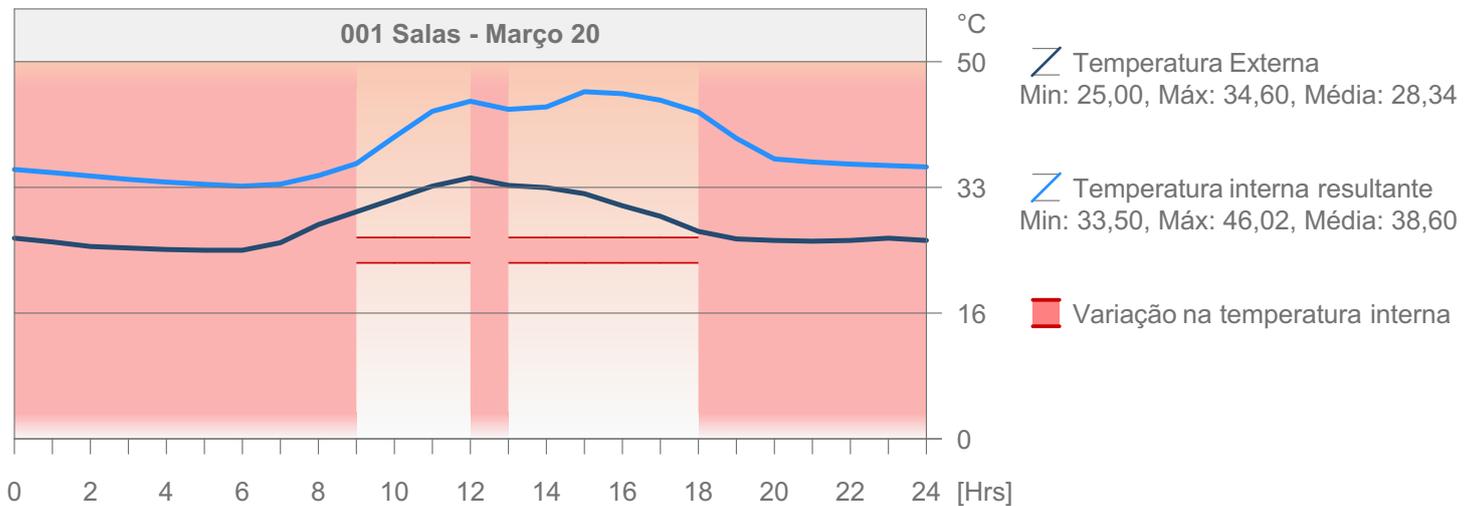
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

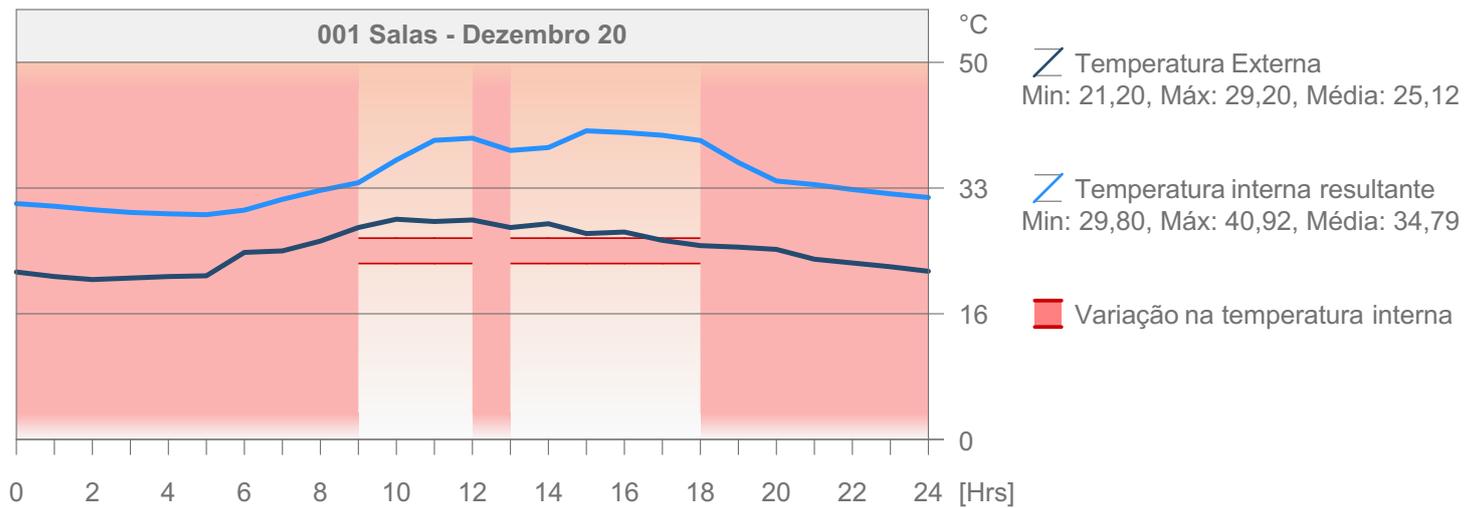
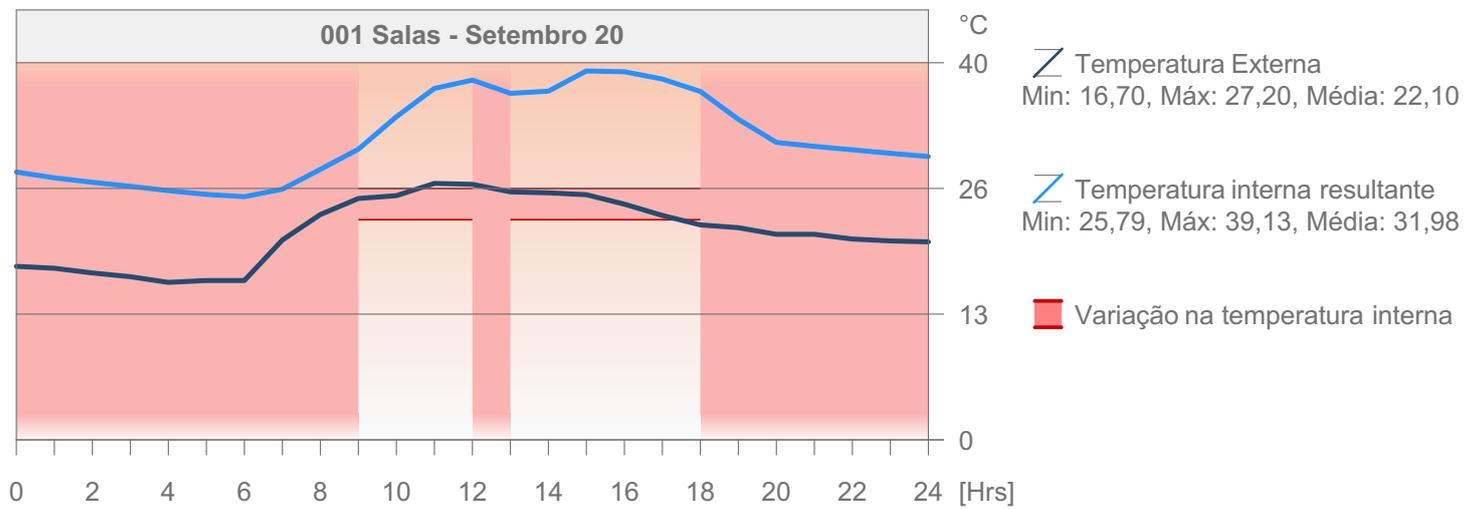
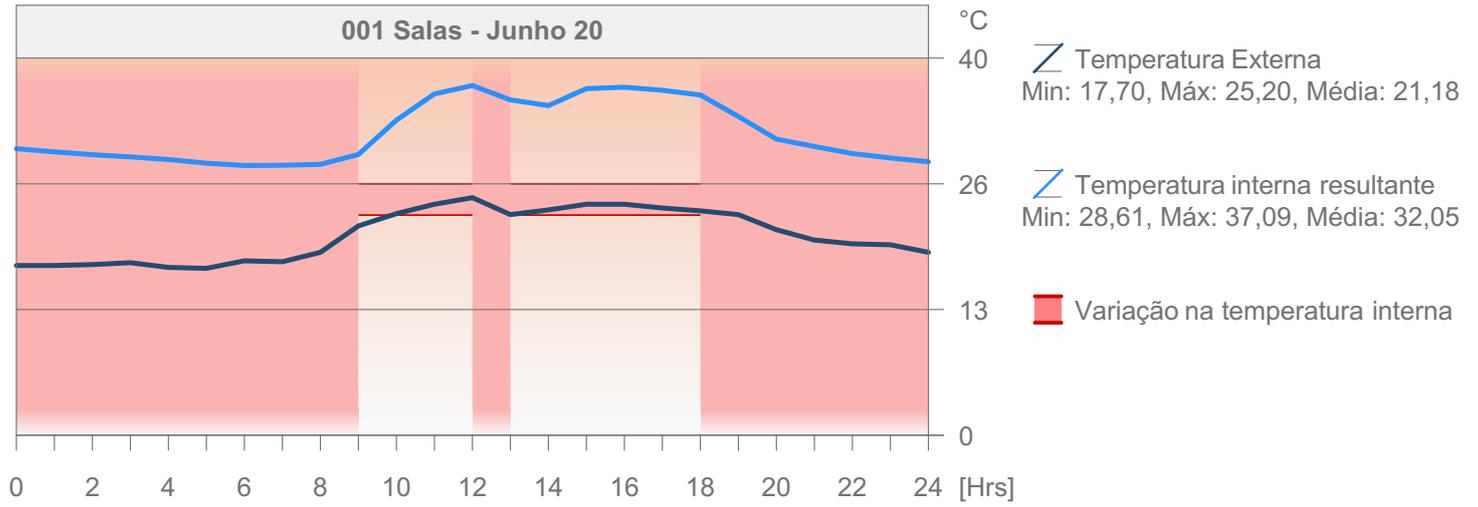
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M06 Edifício Comercial - Vidro simples incolor



# Avaliação de Desempenho Energético

M07 Edifício Comercial - Vidro simples colorido

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	11/05/2020 16:28

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	11286,62	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	10510,51	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7992,20	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25917,0172	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	59	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	2,22	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	5,42	
Externo:	--	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	--	
	2,11 - 6,37	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	5,86	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	5,86	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	87,02	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,84	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	260,09	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	44,09	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	8340,47	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7831,34	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5051,37	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19354,0055	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	67	%

### Temperatura Interna

Min. (06:00 Ago 19):	21,31	°C
Média Anual:	32,42	°C
Máx. (15:00 Dez 27):	45,19	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2085	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	-	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	-	
	6,28 - 6,37	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	61617,42	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

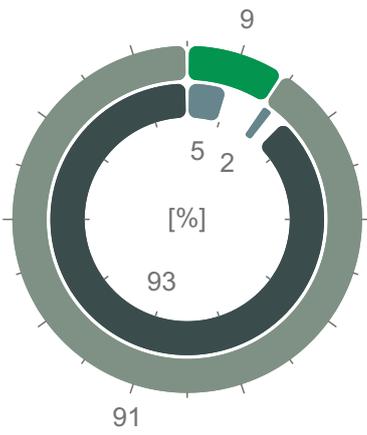
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	  Ar Externo	89	89	ND	0
Secundário	  Eletricidade	881	2643	463369	0
Total:		<b>971</b>	<b>2733</b>	<b>463369</b>	<b>0</b>

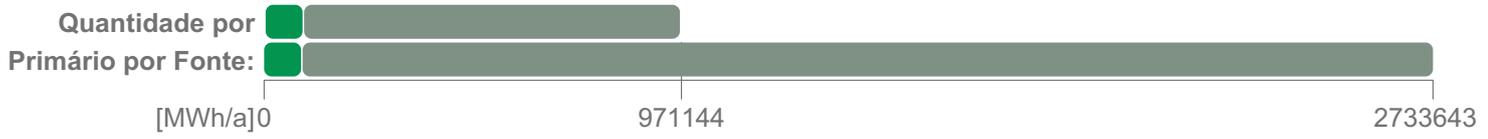
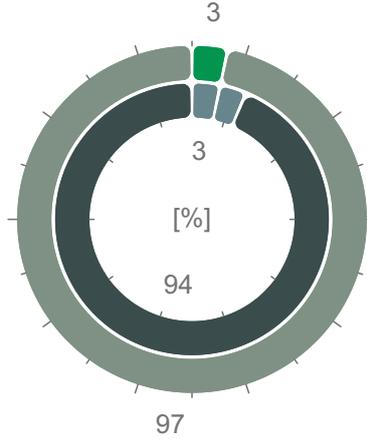
# Avaliação de Desempenho Energético

M07 Edifício Comercial - Vidro simples colorido

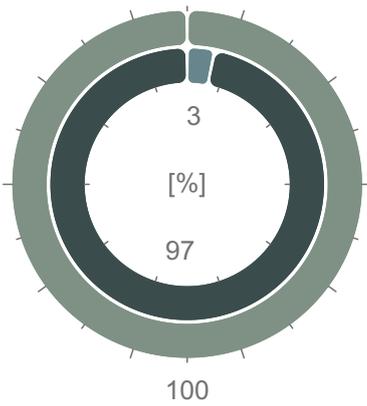
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



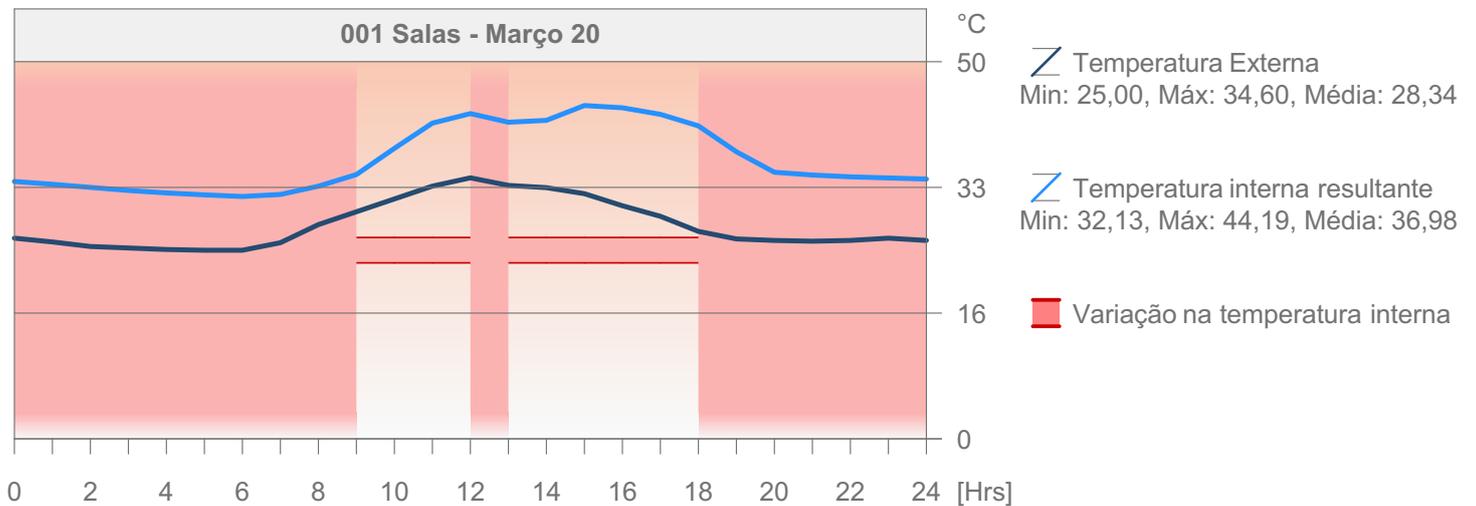
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

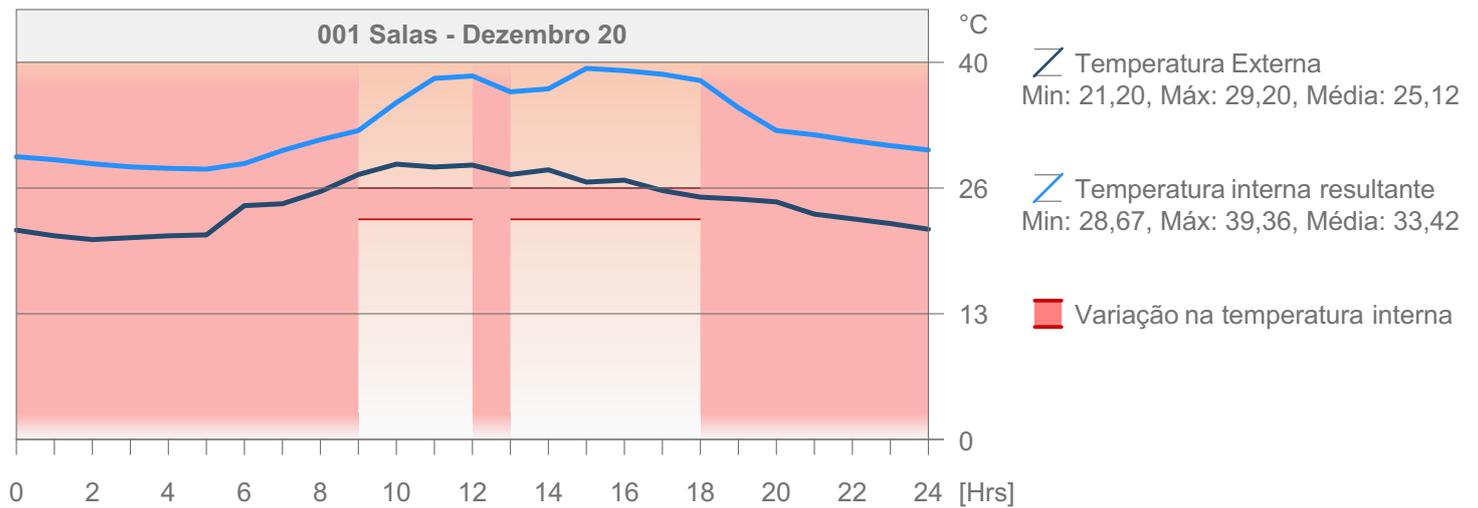
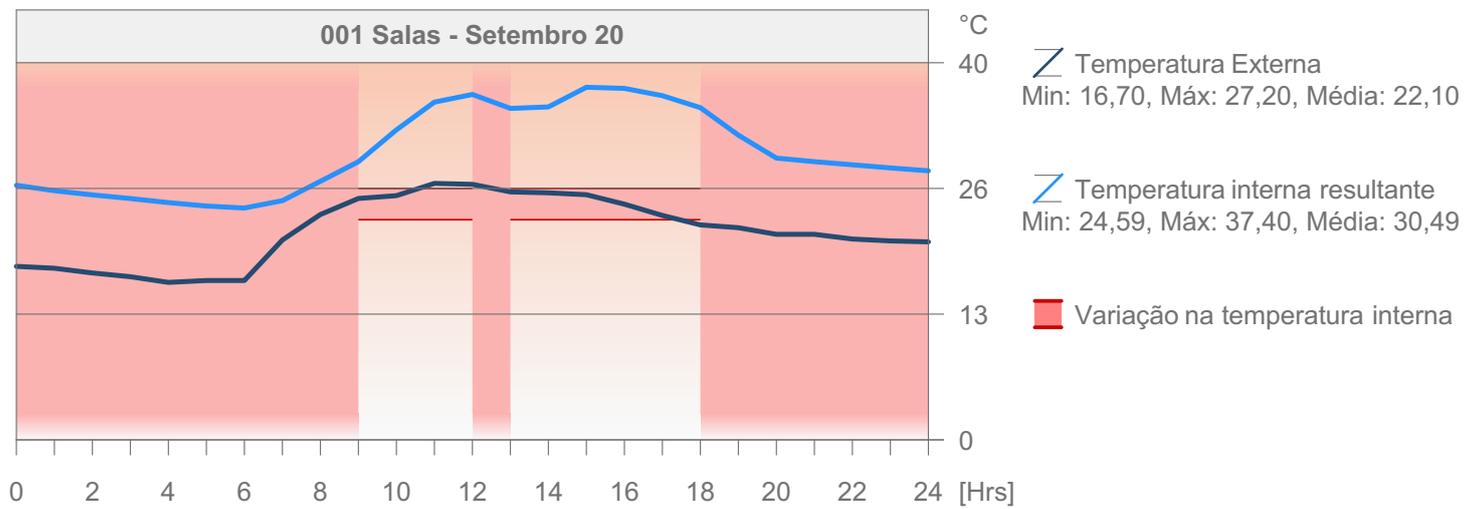
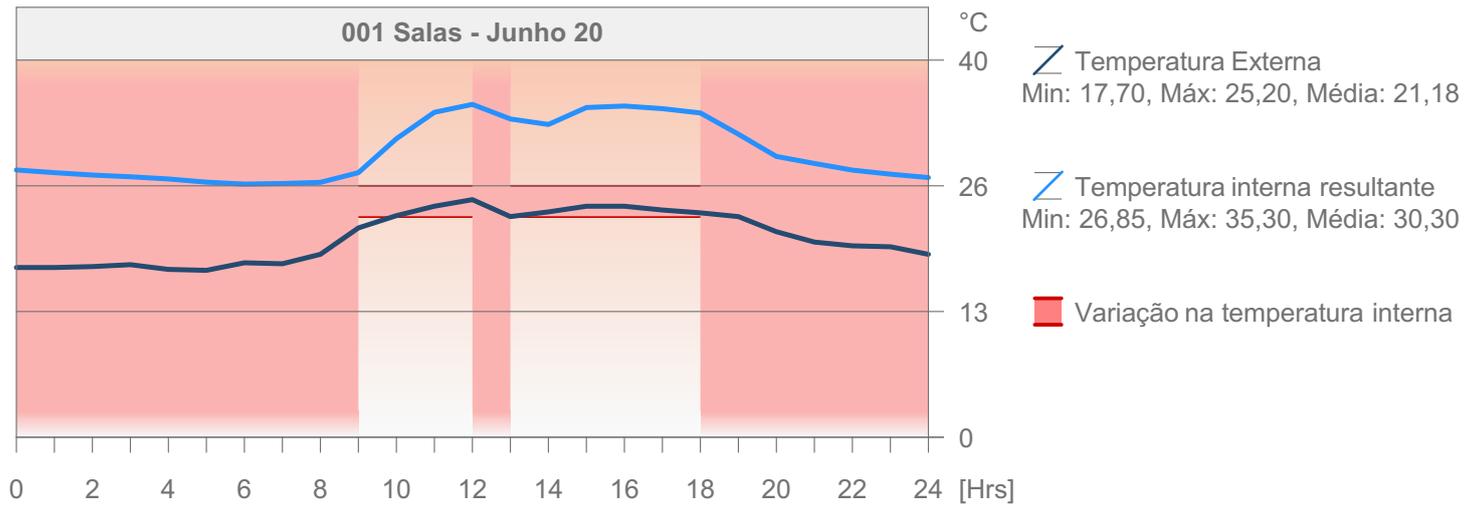
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M07 Edifício Comercial - Vidro simples colorido



# Avaliação de Desempenho Energético

M08 Edifício Comercial - Vidro duplo incolor

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	11/05/2020 17:18

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m²K]
Pavimentos:	--	
Externo:	2,41 - 6,86	
Subterrâneo:	--	
Aberturas:	2,11 - 3,54	

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	11286,62	m²
Área de pavimento tratado:	10510,51	m²
Área de Envoltório Externo:	7992,20	m²
Volume Ventilado:	25917,0172	m³
Proporção de envidraçado:	59	%

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m²a
Energia de arrefecimento líquido:	4,35	kWh/m²a
Energia Total Bruta:	4,35	kWh/m²a
Consumo de Energia:	85,50	kWh/m²a
Consumo de Combustível:	83,20	kWh/m²a
Energia primária:	255,98	kWh/m²a
Custo de combustível:	43,75	R\$/m²a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m²a

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	2,22	ACH
---------------------	------	-----

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	8340,47	m²
Área de pavimento tratado:	7831,34	m²
Área de invólucro do edifício:	5051,37	m²
Volume Ventilado:	19354,0055	m³
Proporção de envidraçado:	67	%

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m²K]
Externo:	2,41 - 6,86	
Subterrâneo:	-	
Aberturas:	3,43 - 3,54	

### Temperatura Interna

Min. (06:00 Ago 19):	25,27	°C
Média Anual:	38,03	°C
Máx. (15:00 Abr 04):	52,53	°C

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	45686,08	kWh

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2088	hrs/a

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

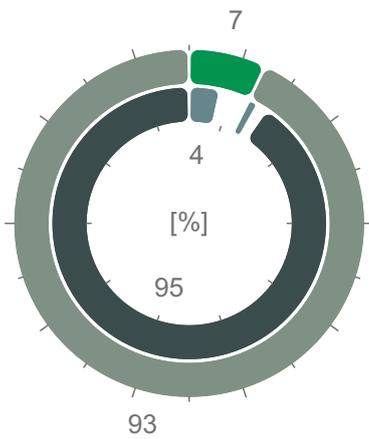
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	Ar Externo	67	67	ND	0
Secundário	Eletricidade	874	2623	459795	0
Total:		<b>941</b>	<b>2690</b>	<b>459795</b>	<b>0</b>

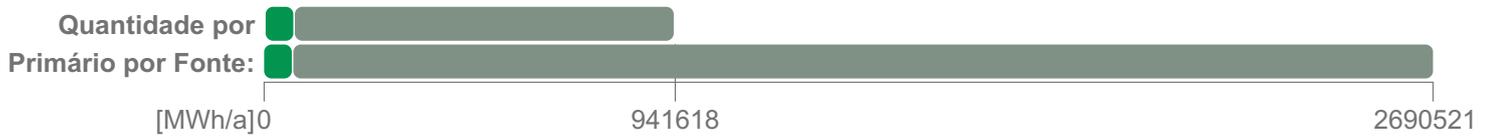
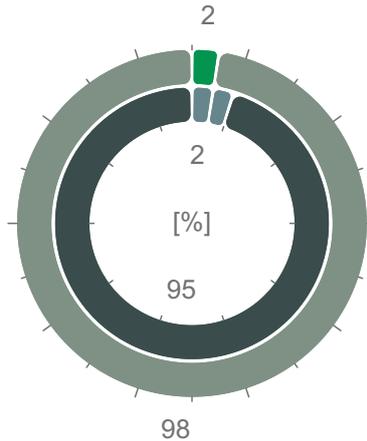
# Avaliação de Desempenho Energético

M08 Edifício Comercial - Vidro duplo incolor

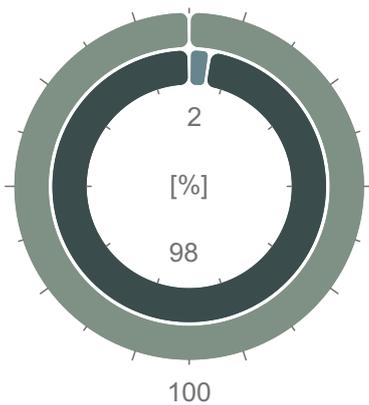
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



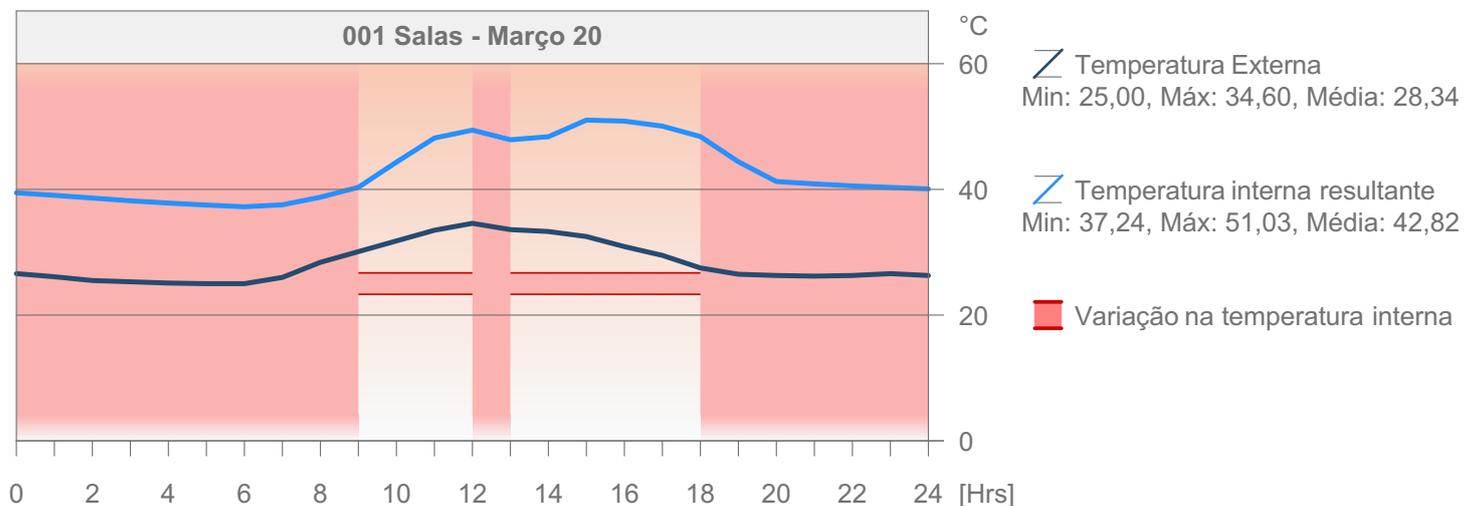
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

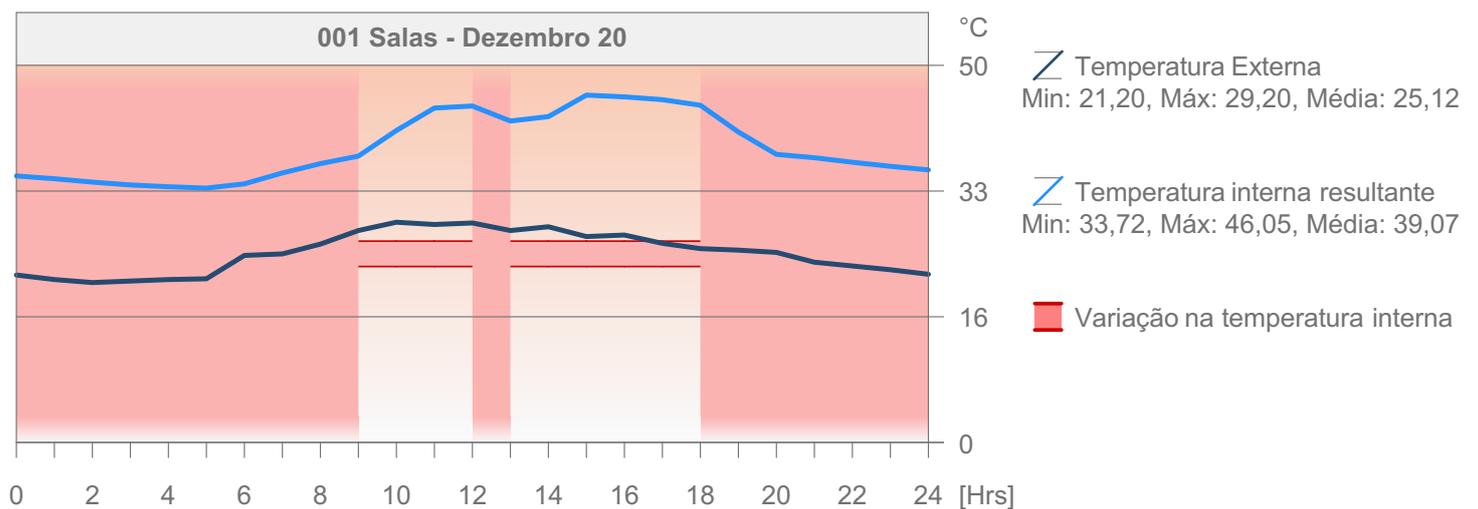
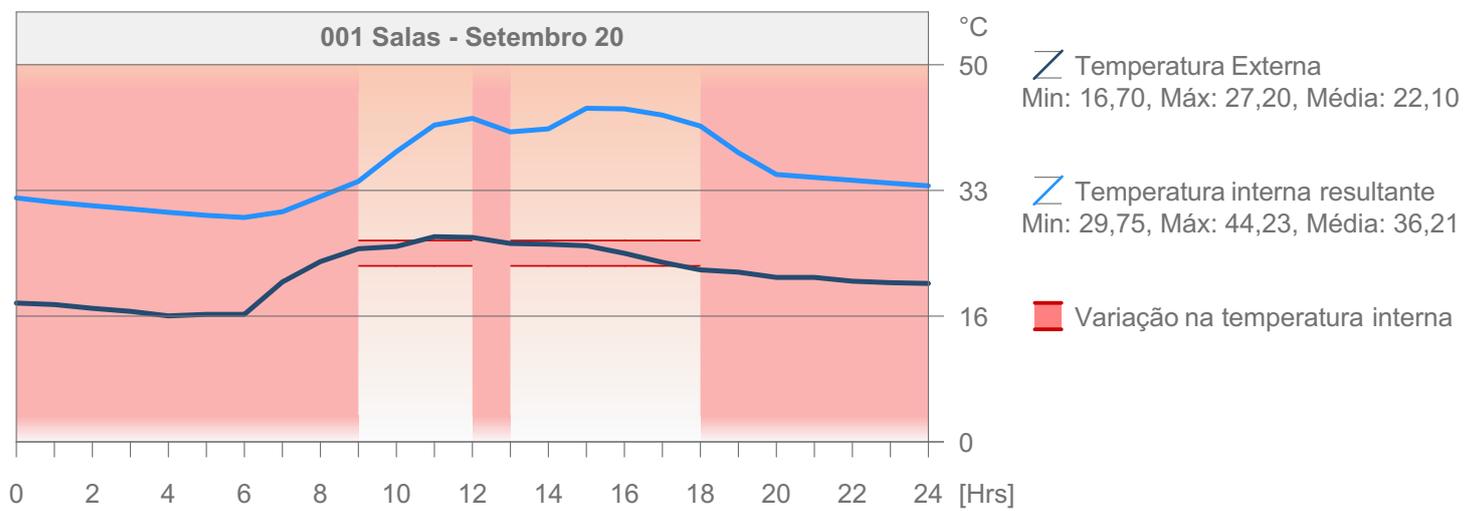
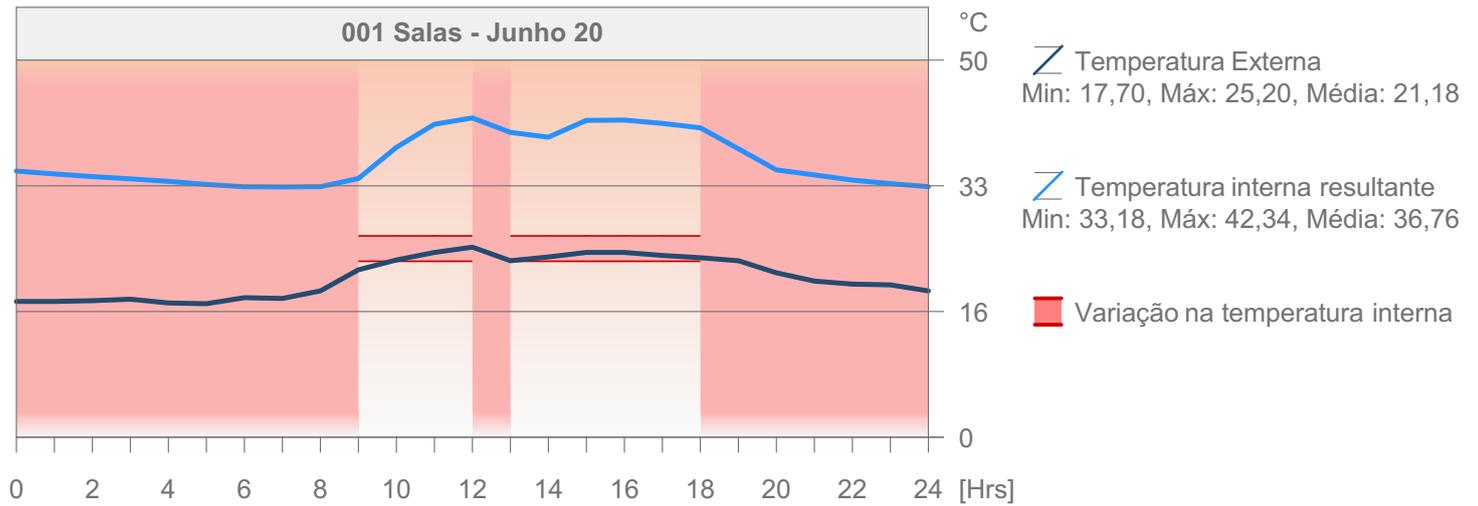
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M08 Edifício Comercial - Vidro duplo incolor



# Avaliação de Desempenho Energético

M09 Edifício Comercial - Vidro duplo colorido

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	11/05/2020 17:40

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	11286,62	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	10510,51	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7992,20	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25917,0172	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	59	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	2,22	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	3,64	
Externo:	--	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	--	
	2,11 - 3,54	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	4,41	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	4,41	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	85,57	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	83,23	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	256,16	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	43,76	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	8340,47	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7831,34	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5051,37	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19354,0055	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	67	%

### Temperatura Interna

Min. (06:00 Ago 19):	24,16	°C
Média Anual:	35,89	°C
Máx. (15:00 Abr 04):	49,24	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2088	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	-	
Subterrâneo:	2,41 - 6,86	
Aberturas:	-	
	3,43 - 3,54	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	46373,74	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

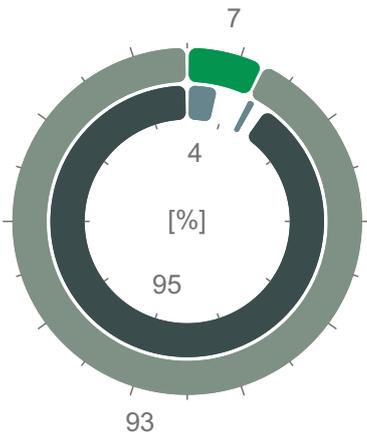
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	  Ar Externo	68	68	ND	0
Secundário	  Eletricidade	874	2624	459948	0
Total:		942	2692	459948	0

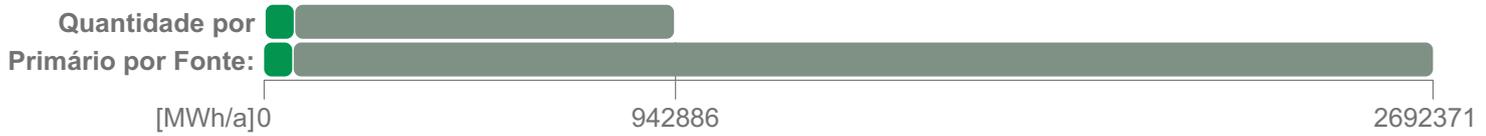
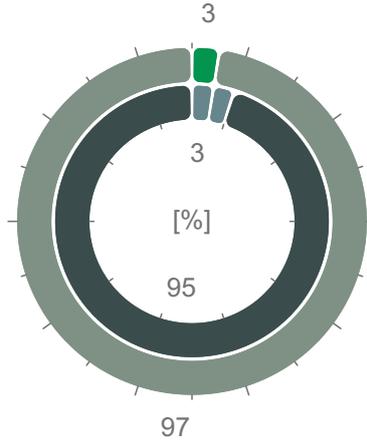
# Avaliação de Desempenho Energético

M09 Edifício Comercial - Vidro duplo colorido

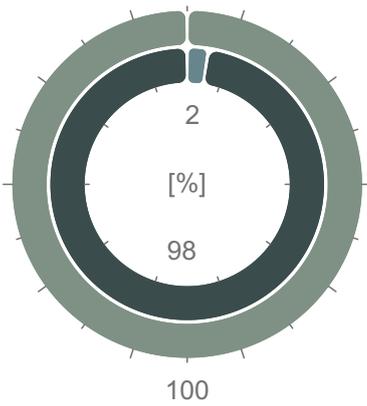
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



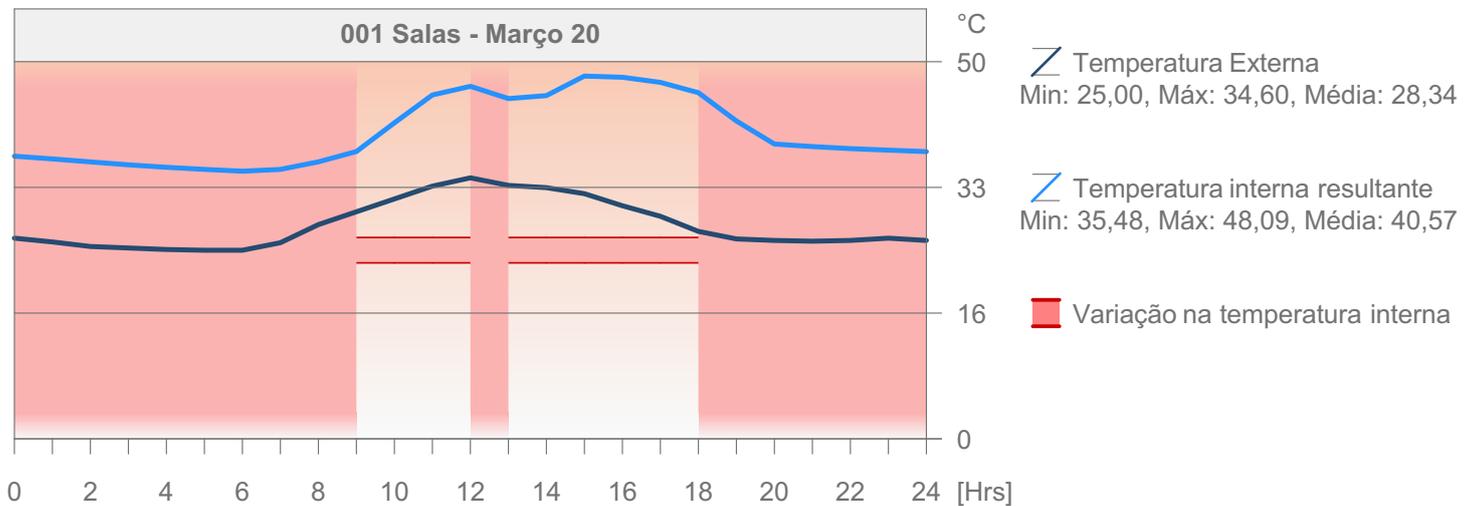
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

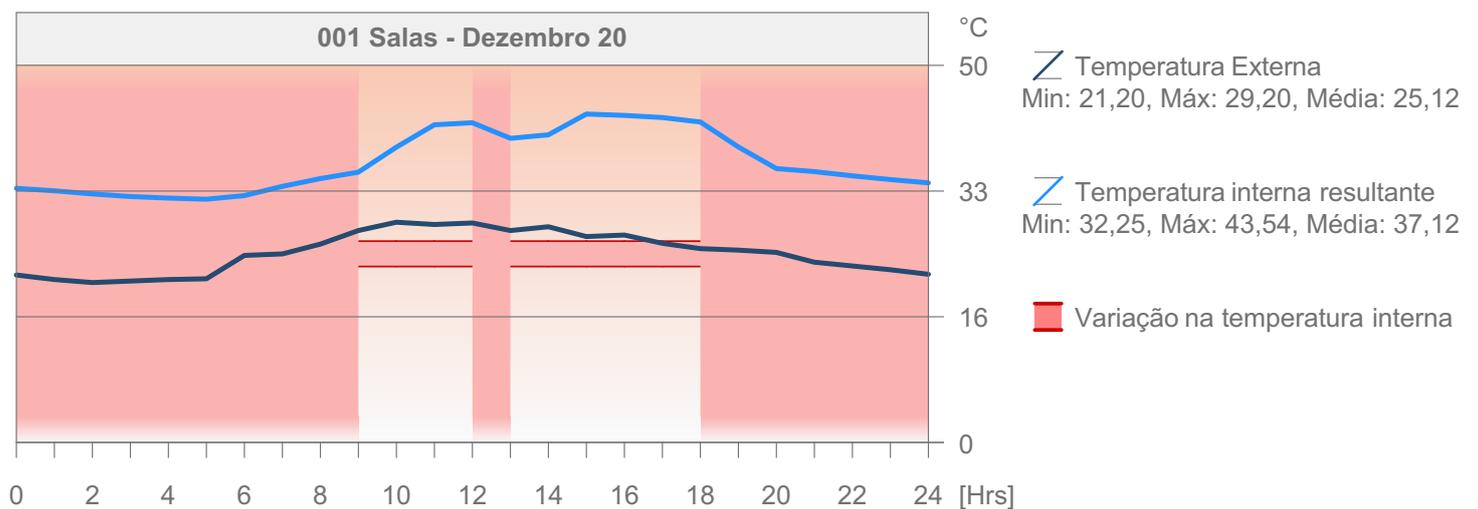
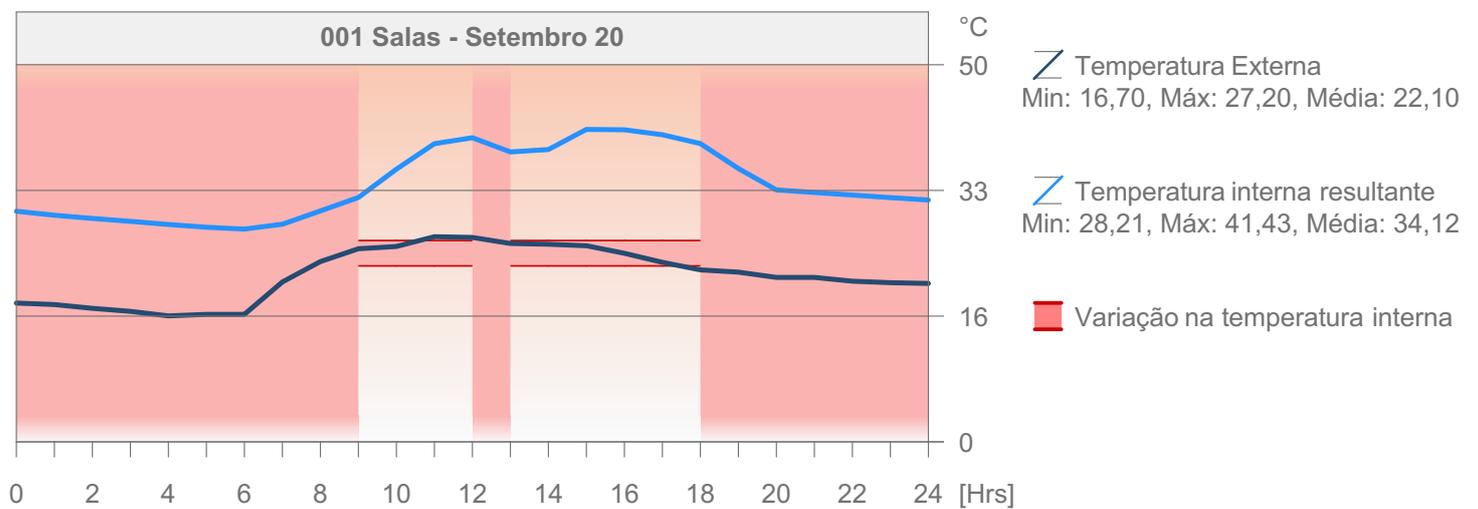
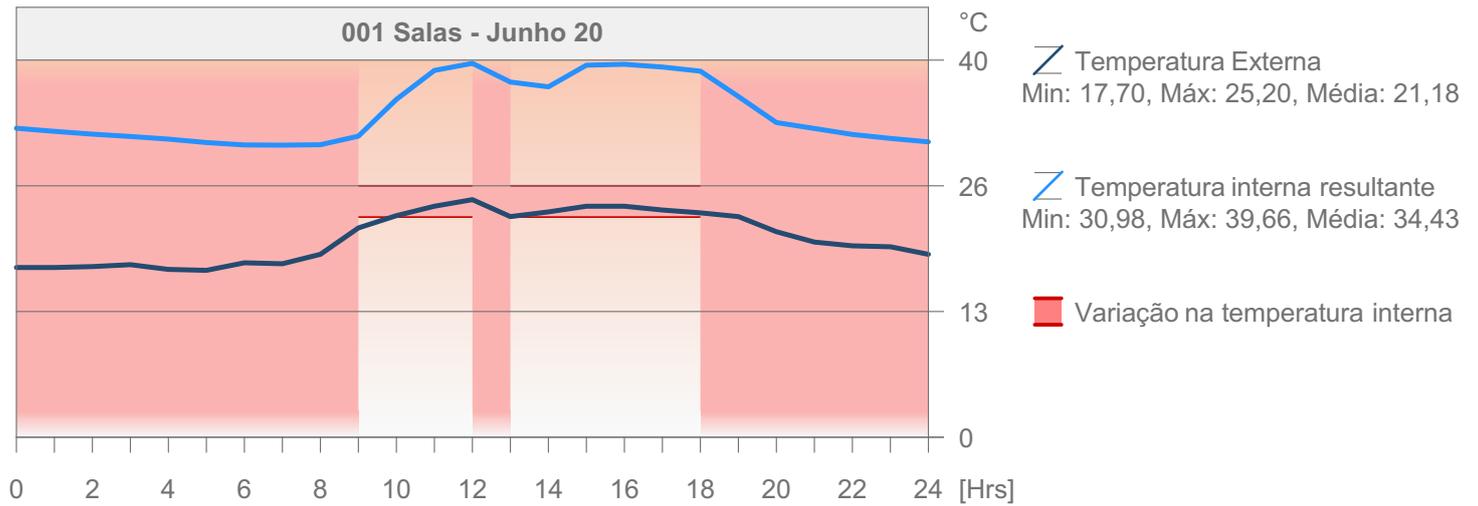
- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M09 Edifício Comercial - Vidro duplo colorido



# Avaliação de Desempenho Energético

M10 Edifício Comercial - Ventilada + Porcelanato

## Valores Chave

### Dados de projeto gerais

Nome do Projeto:	Edifício Comer...
Localização da Cidade:	
Latitude:	20° 18' 0" S
Longitude:	40° 17' 0" O
Altitude:	0,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	ES_Vitoria.epw
Data de Avaliação:	11/05/2020 18:08

### Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	10882,34	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	9783,90	m <sup>2</sup>
Área de Envolvimento Externo:	7219,22	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	25731,6689	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	22	%

### Dados de desempenho de invólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	1,88	ACH
---------------------	------	-----

### Coefficientes de transferência

Média do invólucro do edifício:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Pavimentos:	3,32	
Externo:	--	
Subterrâneo:	0,13 - 6,86	
Aberturas:	--	
	2,11 - 6,69	

### Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia de arrefecimento líquido:	5,06	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia Total Bruta:	5,06	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Energia:	79,60	kWh/m <sup>2</sup> a
Consumo de Combustível:	76,90	kWh/m <sup>2</sup> a
Energia primária:	238,13	kWh/m <sup>2</sup> a
Custo de combustível:	40,44	R\$/m <sup>2</sup> a
Emissão CO <sub>2</sub> :	0,00	kg/m <sup>2</sup> a

### Graus Dias

Aquecimento (HDD):	49,58
Refrigeração (CDD):	5550,80

## 001 Salas - Valores Chave

### Dados da geometria

Área do Pavimento Bruta:	8121,97	m <sup>2</sup>
Área de pavimento tratado:	7306,79	m <sup>2</sup>
Área de invólucro do edifício:	5059,14	m <sup>2</sup>
Volume Ventilado:	19216,8570	m <sup>3</sup>
Proporção de envidraçado:	25	%

### Temperatura Interna

Min. (07:00 Ago 19):	23,46	°C
Média Anual:	33,26	°C
Máx. (15:00 Dez 27):	44,38	°C

### Horas de carga não atendidas

Aquecimento:	0	hrs/a
Refrigeração:	2088	hrs/a

### Coefficientes de transferência

Pavimentos:	Valor U	[W/m <sup>2</sup> K]
Externo:	-	
Subterrâneo:	0,13 - 6,86	
Aberturas:	-	
	6,67 - 6,69	

### Fornecimentos Anuais

Aquecimento:	0,00	kWh
Refrigeração:	49490,62	kWh

### Picos de Cargas

Aquecimento (01:00 Jan 01):	0,00	kW
Refrigeração (14:00 Jan 02):	21,73	kW

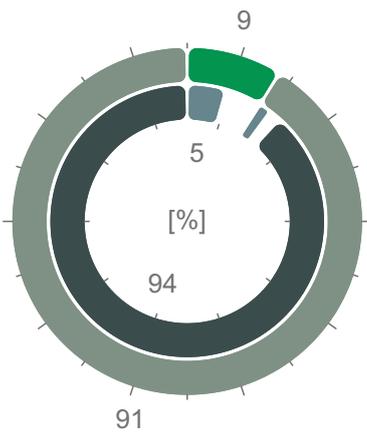
## Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia				Emissão CO <sub>2</sub> kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo R\$/a	
Renovável	  Ar Externo	72	72	ND	0
Secundário	  Eletricidade	752	2257	395621	0
Total:		825	2329	395621	0

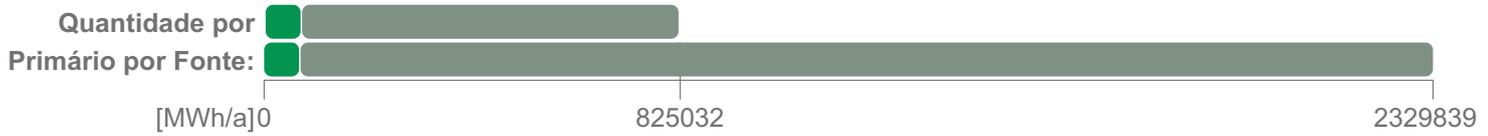
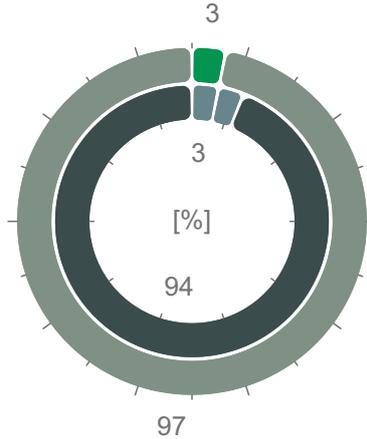
# Avaliação de Desempenho Energético

M10 Edifício Comercial - Ventilada + Porcelanato

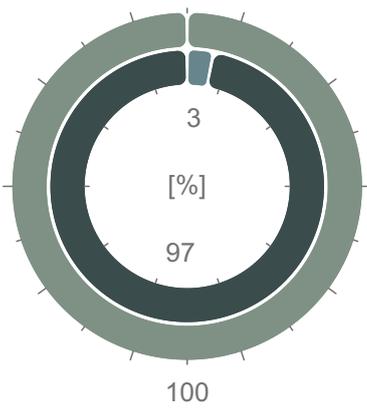
### Quantidade de Energia



### Energia primária



### Custo de Energia



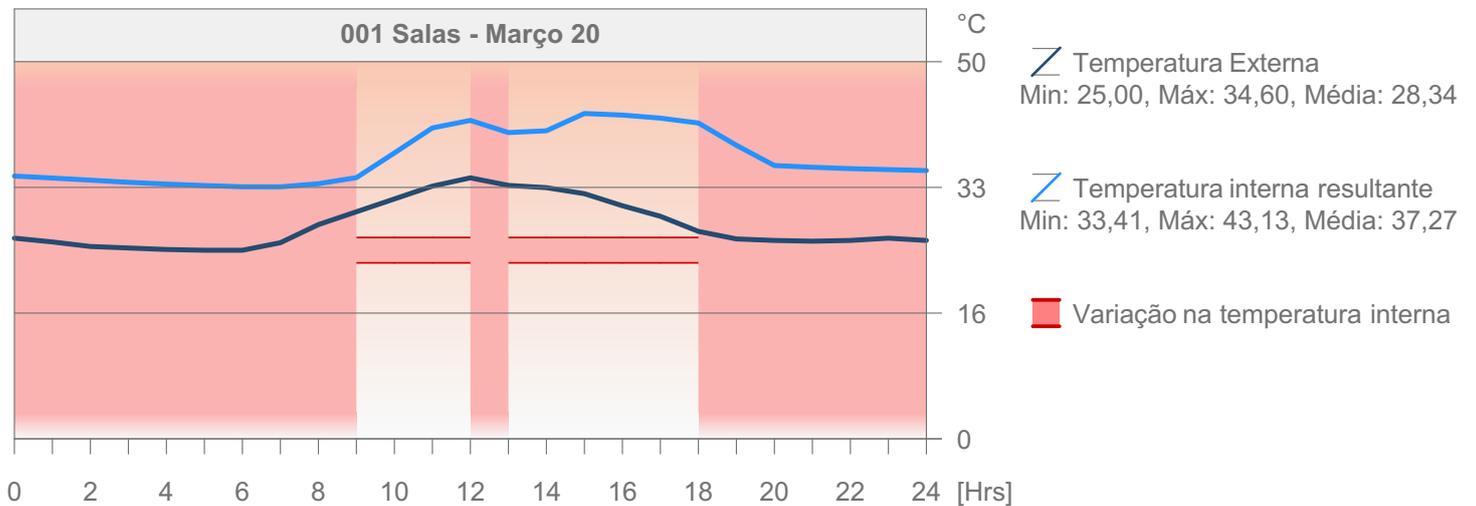
### Emissão CO<sub>2</sub>



### Metas Energéticas

- Aquecimento
- Serviço Aquecimento de Água Quente
- Refrigeração
- Ventoínhas de ventilação
- Iluminação
- Equipamento

## Perfil de temperatura Diária



# Avaliação de Desempenho Energético

M10 Edifício Comercial - Ventilada + Porcelanato

